

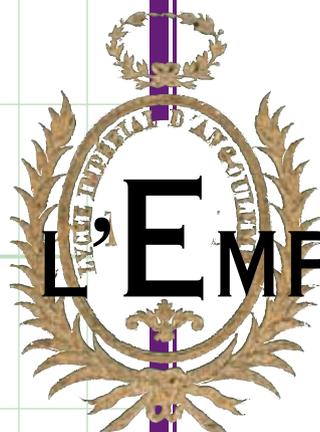


L'EMPIRE DE LA PHYSIQUE



*Cabinet de physique
du lycée Guez de Balzac
d'Angoulême*

*Cabinet de physique
du lycée Guez de Balzac
d'Angoulême*



L'EMPIRE DE LA PHYSIQUE

sous la direction de Francis GIRES

à l'occasion du centenaire du bulletin de l'UdPPC (1907 - 2007),
en hommage à Ernest FOURTEAU (Périgueux 1840 - Paris 1915)

ASEISTE - Niort, 2006



ASSOCIATION DE SAUVEGARDE ET D'ÉTUDE DES INSTRUMENTS SCIENTIFIQUES ET TECHNIQUES DE L'ENSEIGNEMENT

Siège social :

Conservatoire de l'Éducation et des méthodes pédagogiques

Musée Bernard d'Agesci / 28, avenue de Limoges / 79000 NIORT

Président d'honneur :

Yves Quéré - Membre de l'Académie des Sciences / Directeur honoraire de l'enseignement à l'École Polytechnique /
Co-Président de l'I.A.P (Assemblée des Académies des Sciences de par le Monde)

Membres d'honneur :

Georges Charpak - Membre de l'Académie des Sciences / Chercheur au C.E.R.N. / Prix Nobel de Physique 1992

Claude Cohen-Tannoudji - Membre de l'Académie des Sciences / Professeur honoraire au Collège de France /
Prix Nobel de Physique 1997

Président :

Christian Gendron - Conservateur en chef du musée Bernard d'Agesci et du Conservatoire de l'Éducation et des méthodes
pédagogiques à Niort / Président de la section fédérée des Conservateurs des musées de la région Poitou-Charentes

Vice-Président :

Francis Gires - Professeur de Sciences Physiques / Prix de la Culture Scientifique 1998 /
Conseiller scientifique auprès du Conservatoire de l'Éducation et des méthodes pédagogiques à Niort

Secrétaire :

Henri Chamoux - Service d'histoire de l'éducation, Institut National de la Recherche Pédagogique

Trésorier :

Rémy Joffrion - Professeur honoraire des Sciences et Vie de la Terre

Contact : giresfrancis@free.fr

Remerciements

Ce catalogue a été réalisé par :

L'Association de Sauvegarde et d'Étude des Instruments Scientifiques et Techniques de l'Enseignement (**A.S.E.I.S.T.E**)

Trophée Diderot de l'initiative culturelle 2006 délivré par l'AMCSTI (association des musées et centres pour le développement de la culture scientifique, technique et industrielle) pour l'exposition «Physique Impériale».

sous la direction de :

Francis Gires, professeur Sciences Physiques au collège Saint Joseph à Périgueux, conseiller scientifique du Conservatoire de l'Éducation et des méthodes pédagogiques à Niort, vice-Président de l'A.S.E.I.S.T.E.

avec le soutien de :

Ministère chargé de l'Enseignement supérieur et de la Recherche
 Ministère de la Culture DRAC Poitou-Charentes
 Conseil Régional Poitou-Charentes
 Communauté d'Agglomération de Niort
 Ville de Niort
 Union des Professeurs de Physique et de Chimie (UdPPC)
 Musée des arts et métiers du CNAM
 Service histoire de l'éducation de l'INRP
 Société Pierron Éducation à Sarreguemines
 Espace des sciences de Paris
 Librairie Bonnaventure à Périgueux.

Pour leur concours scientifique :

Nicole Hulin, maître de conférences honoraire à l'Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), chercheur au Centre Alexandre Koyré,

Françoise Khantine-Langlois, chercheur LIRDHIST, Université Claude Bernard (Lyon I),

Christine Blondel, chercheur CNRS-Cité des Sciences et de l'Industrie (Paris),

Jean-Pierre Durandau, inspecteur d'académie honoraire,

Vincent Besnard, conseiller académique à la culture scientifique, Académie de Bordeaux,

Roger Sahun, conseiller académique honoraire à la culture scientifique,

Jean-Pierre Devalance, professeur sciences physiques, chargé de mission d'inspection pédagogique,

Gilles Lapeyre, responsable de la culture scientifique de la Dordogne,

Guy Batifoix, professeur sciences physiques honoraire,

Henri Chamoux, service histoire de l'éducation de l'INRP,

Bernard Pigelet, restaurateur instruments scientifiques

Lucien Dupuy, professeur sciences physiques

Amandine Michel, animatrice culturelle

Et plus particulièrement :

- Édouard Brézin**, Président de l'Académie des Sciences, Professeur à l'Université Pierre et Marie Curie (ENS)
- Yves Quéré**, membre de l'Académie des Sciences, co-Président de l'IAP (Assemblée des Académies des Sciences de par le Monde), Président d'honneur de l'ASEISTE
- Georges Charpak**, membre de l'Académie des Sciences, chercheur au CERN, Prix NOBEL de Physique, membre d'honneur de l'ASEISTE
- Claude Cohen-Tannoudji**, membre de l'Académie des Sciences, Professeur honoraire au Collège de France prix NOBEL de Physique, chercheur au laboratoire Kastler-Brossel, membre d'honneur de l'ASEISTE
- François Goulard**, Ministre délégué de l'enseignement Supérieur et de la Recherche
- Ségolène Royal**, Présidente du Conseil Régional Poitou-Charentes
- Frédéric Cadet**, Recteur de l'Académie de Poitiers, Chancelier des Universités de Poitou-Charentes
- William Marois**, Recteur de l'Académie de Bordeaux, Chancelier des Universités d'Aquitaine,
- Jean Claude Van Dam**, Directeur régional DRAC Poitou-Charentes, Ministère de la Culture
- Jean Davoineau**, Direction de l'architecture et du patrimoine, Ministère de la Culture
- Alain Mathieu**, Président de la Communauté d'agglomération de Niort
- Alain Baudia**, Maire de Niort, conseiller régional
- Jean-Charles Jacquemin**, Président de l'Union des Professeurs de Physique Chimie (UdPPC)
- Madeleine Sonnevile**, Présidente d'honneur de l'UdPPC, Présidente du Comité de pilotage des journées UdPPC 2007 «PariS de ScienceS»
- Monique Schwob**, vice-Présidente du comité de pilotage UdPPC 2007 «PariS de ScienceS»
- Sébastien Pierron**, Directeur de développement du groupe Pierron
- Danièle Pourtaud**, Présidente de l'ESPCI, maire adjointe de la ville de Paris
- Jacques Prost**, Directeur de l'ESPCI
- Michel Laguës**, Directeur de l'Espace des sciences de Paris ESPCI
- Michèle Gragnola**, Proviseur du Lycée Guez de Balzac à Angoulême
- Hervé Vandenberghe**, Proviseur honoraire du lycée Guez de Balzac
- Christine Soubigou**, Professeur SVT, présidente de l'association «Les amis du patrimoine de Guez»
- Association** des anciens élèves du lycée Guez de Balzac à Angoulême
- Les équipes** enseignantes, techniques et administratives du lycée Guez de Balzac à Angoulême
- Pierre Caspard**, Directeur du Service d'Histoire de l'Éducation de l'INRP
- Daniel Thoulouze**, Directeur de la Culture Scientifique et du Musée des arts et métiers, directeur de la recherche du CNAM
- Anne-Catherine Hauglustaine**, responsable du département des collections et des publications du Musée des arts et métiers du CNAM
- Thierry Lalande**, chargé des collections des instruments scientifiques anciens, Musée des arts et métiers du CNAM
- Éric Badaire, Jacky Javerliat**, Directeur et Directeur des Études, Lycée-Collège Saint Joseph à Périgueux
- Pierre Pommarède**, Président de la Société Historique et Archéologique du Périgord
- Robert Chinouilh**, professeur honoraire sciences physiques

Sommaire

Remerciements	p. 5
Préfaces	p. 9
La physique expérimentale au lycée Nicole HULIN	p. 15
Les multiples manuels : une source pour retrouver la description et l'usage des appareils anciens. Françoise KHANTINE-LANGLOIS	p. 19
Les instruments de physique au XIXème siècle, du constructeur à la salle de classe Christine BLONDEL	p. 25
PIERRON, la maison du matériel éducatif depuis 1871 Stéphane PIERRON	p. 31
Constructeurs des instruments scientifiques du cabinet de physique du Lycée Guez de Balzac Francis GIRES	p. 35
Le Lycée Guez de Balzac : quelques repères historiques d'hier à aujourd'hui Michèle GRAGNOLA	p. 41
Professeurs de physique du Lycée Guez de Balzac Amandine MICHEL, Francis GIRES	p. 45
Essai de typologie Francis GIRES	p. 51
CATALOGUE Francis GIRES avec la collaboration de Guy BATIFOIX, Vincent BESNARD, Jean-Pierre DEVALANCE, Lucien DUPUY, Jean-Pierre DURANDEAU, Gilles LAPEYRE, Bernard PIGELET, Roger SAHUN	
Pesanteur, mesures	p. 53
Hydrostatique, Hydrodynamique	p. 77
Propriétés des gaz	p. 99
Acoustique	p. 123
Chaleur	p. 151
Optique	p. 197
Magnétisme	p. 249
Électricité statique	p. 253
Électricité dynamique	p. 297
Astronomie	p. 353

Hommes de sciences cités dans l'ouvrage**Francis GIRES** p. 359**Lexique****Jean-Pierre DEVALANCE** p. 375**Bibliographie****Francis GIRES** p. 379**Liste des instruments du catalogue par disciplines****Francis GIRES** p. 383

Préfaces

Synergie des compétences et des évènements

Le disque de Newton, emblème de l'ASEISTE, signifie aussi à nos yeux la synergie des compétences. C'était précisément un des critères d'évaluation du Trophée Diderot de l'initiative culturelle qui nous a été remis en juin 2006 pour l'exposition «Physique Impériale». Il nous a été délivré par l'AMCSTI (Association des musées et centres pour le développement de la culture scientifique, technique et industrielle) qui souhaite ainsi distinguer une œuvre innovante et éminente de la culture scientifique. Fondée par Hubert Curien, cette association qui regroupe plus de deux cents structures culturelles (des établissements nationaux tels que la Cité des sciences et de l'industrie, Le Palais de la découverte, Le Musée des arts et métiers, le Museum national d'Histoire naturelle...) est soutenue par le ministère chargé de la Recherche et celui de la Culture. Ce travail remarquable et remarqué est l'œuvre du plus actif d'entre nous, Francis Gires, aussi dévoué qu'infatigable.

En juin 2006 aussi, un évènement important est venu télescoper le précédent : l'ouverture à Niort du Musée Bernard d'Agesci qui abrite le Conservatoire de l'Éducation et des méthodes pédagogiques, entre autres, siège social de notre association et surtout, catalyseur de la création de l'ASEISTE¹. Cette réalisation réunit pour la première fois, sous le même toit, les arts et les sciences avec, notamment, d'importantes collections d'objets ayant servi à l'enseignement de la physique, l'histoire naturelle mais aussi la lecture, l'écriture, etc.

En cette fin d'année 2006, la réalisation de l'imposant catalogue «l'Empire de la physique» (cabinet de physique du lycée Impérial d'Angoulême), en hommage à Ernest Fourteau, constitue un autre évènement majeur. Né à Périgueux, élève de l'École Normale Supérieure, agrégé de sciences physiques et naturelles en 1862, E. Fourteau enseigna au lycée de Périgueux de 1865 à 1872 et joua un rôle très important dans la constitution du cabinet de physique, objet de notre premier catalogue et exposition «Physique Impériale». Affecté au lycée d'Angoulême de 1872 à 1879, il contribua de manière essentielle à la création d'un cabinet de physique assez exceptionnel, objet de ce catalogue. Cet enseignant remarquable devint en 1880, proviseur du lycée Fontanes de Niort, puis termina sa carrière en étant le premier professeur de physique du lycée Janson de SAILLY, et son deuxième proviseur.

En 1902, une réforme importante des sciences allait amener les enseignants à réaliser des travaux pratiques avec leurs élèves. La mutualisation indispensable des idées conduisit à la création de l'Union des Physiciens en 1906. Par la réalisation de ce catalogue et la présentation de l'exposition «Physique Impériale» à l'Espace des Sciences de Paris d'octobre 2006 à novembre 2007), l'ASEISTE a tenu à s'associer à l'UdPPC (Union des Professeurs de Physique et de Chimie) à l'occasion du centenaire de la création du bulletin de l'Union des Physiciens, notamment en octobre 2007, lors des journées nationales «Paris de ScienceS».

Cette synergie des compétences et des évènements est sûrement l'un des meilleurs moyens de sensibiliser chacun, à tous niveaux, à la préservation, la mise en valeur et l'exploitation pédagogiques de ce patrimoine exceptionnel conservé dans nos établissements scolaires et qui contient la mémoire de la formidable chaîne de transmission du savoir.

Nous tenons à remercier tous ceux qui nous ont aidé dans cette tâche, particulièrement les éminents scientifiques qui participent à ce message et qui nous ont fait l'amitié d'apporter tout leur soutien et toute leur confiance à l'ASEISTE et notamment Édouard Brézin, Président de l'Académie des Sciences.

Christian GENDRON
Président de l'ASEISTE

1 - Les recommandations, formulées il y a plus de vingt ans par trois physiciens (Françoise Balibar, Michel Hulin, Jean-Pierre Maury) dans une note adressée aux autorités, ont trouvé leur concrétisation avec la constitution du Conservatoire de l'Éducation à Niort et de l'ASEISTE.

De l'instrumentation scientifique (note d'avril 1982)

Il est un domaine – jusqu'ici fort négligé dans notre pays – où la science et la technique se rejoignent dans une interaction très fructueuse, c'est celui de l'*instrumentation scientifique*. Notre pays est particulièrement riche en instruments scientifiques historiques et il est de première urgence de créer les conditions d'une véritable «conservation» de ces appareils. Mais, à notre avis, cette conservation n'a de sens que dans un but de présentation au public. D'ailleurs, c'est seulement dans ce but que les instruments pourraient être donnés par ceux qui se trouvent actuellement les détenir. En revanche, il nous paraît certain que la plupart de ceux-ci répondraient avec enthousiasme à un appel qui les inviterait à confier «leurs» instruments à une institution capable non seulement de les entretenir – voire de les restaurer – mais aussi et surtout d'en faire profiter un large public.

N'y aurait-il pas là, pour un historien des sciences, l'occasion d'un travail «de terrain» fort instructif, que ce soit à travers la restauration de tel ou tel appareil, son authentification, ou l'établissement de son histoire précise ? Et le couplage d'un tel travail avec une présentation au public pourrait établir un contact entre l'activité du chercheur et la diffusion du savoir. Ensuite, qui dit exposition dit catalogue : rien n'interdit à ces catalogues d'avoir une ambition et une longévité qui dépassent largement le cadre de leur exposition. Il pourrait se constituer ainsi une bibliothèque où les idées scientifiques et le travail des hommes trouveraient, intimement mêlés, la place qui leur revenait – n'ayons pas peur de nos rêves – dans la Grande Encyclopédie...

Françoise BALIBAR - Université Paris 7 / **Michel HULIN** - Université Paris 6 / **Jean-Pierre MAURY** - Université Paris 7

À Propos de «l'Empire de la Physique»

Le XIX^{ème} siècle nous a apporté l'électricité, le magnétisme, la classification périodique des éléments et l'évidence de la structure atomique de la matière avant même qu'elle ne soit vue directement, la thermodynamique et son lien avec la physique statistique, les diagrammes de phase avec leurs points critiques et bien d'autres contributions encore. Tout cela est resté le fond de notre compréhension du monde même si le XX^{ème} siècle a ajouté encore de nombreuses pierres.

Or l'échange constant entre expérience et théorie, qui est la marque des sciences de la nature, et en particulier de la physique, est souvent difficile à percevoir dans les expériences complexes d'aujourd'hui. Le gigantisme des grands appareils ou la complexité des dispositifs expérimentaux, ne laissent guère la possibilité de pénétrer dans les arcanes des processus étudiés.

Quel bonheur donc de pouvoir admirer ces instruments de physique du XIX^{ème} siècle auquel nous devons tant. La clarté de la démarche, l'habileté de l'expérimentateur éclatent devant nos yeux émerveillés, rehaussées par l'incomparable beauté de ces instruments. Bien souvent les cabinets d'amateur ne renferment que des instruments inopérants et inertes, vidés de leur sens, tels des navires échoués. Nous avons donc une grande dette de reconnaissance envers ceux qui ont eu le talent de reprendre ces appareils, d'en pénétrer le sens même lorsqu'ils étaient cassés, et patiemment avec habileté ont su leur rendre leur fonction initiale et leur redonner vie et âme. Notre reconnaissance et admiration vis-à-vis de Francis Gires, et de ceux qui ont bien voulu l'accompagner dans cette démarche, sont donc très vives. Les leçons de physique qu'en tireront ceux qui examineront ces instruments, pour pénétrer la démarche de ceux qui les ont conçus, sont évidemment d'un intérêt intellectuel et pédagogique exceptionnel.

Édouard BRÉZIN

Professeur à l'Université Pierre et Marie Curie (ENS)

Président de l'Académie des Sciences

Les instruments des cabinets de physique du XIX^{ème} siècle sont émouvants à plus d'un titre.

D'une part ils ressuscitent à nos yeux une période faste de l'enseignement de la science, une période où celle-ci était admirée par tout un chacun et où ils ne pouvaient – dans leur lustre, leur rutilance et, disons-le, leur beauté – que la rendre aimable. D'autre part ils manifestent haut et clair – dans leur lisibilité qui nous fait dans l'instant percevoir ce qu'ils sont censés démontrer – une sorte de candeur de la science qui ne pouvait que la rendre compréhensible.

Aimable et compréhensible, la science ? Un siècle plus tard nous le pensons toujours, mais différemment sans doute, et en le nuancant. Nous avons en effet appris que, à côté des immenses bienfaits qu'elle nous procure, la science nous entraîne parfois vers des rivages qu'il vaudrait mieux ne pas aborder, habile qu'elle est à nous équiper en outils, substances ou techniques susceptibles de faire le malheur de l'homme. Et tout autant savons-nous que notre compréhension du monde, tout en se raffinant d'admirable façon, voit reculer comme un mirage son propre horizon : chaque découverte nous ouvre en effet mille nouveaux sentiers inconnus, mille pistes à défricher, en une sorte d'arborescence qui ne verra sans doute jamais sa conclusion.

Peu importe cette problématique contemporaine. Il est doux de pouvoir caresser du regard ces instruments surannés et de revenir à leur fraîcheur initiale, eux qui nous parlent de nos arrière-grands-parents et donc, un peu, de notre enfance. Il est bon de venir les contempler et, par leur truchement, de revigorer notre admiration pour la science en tant qu'elle tient une place éminente dans la culture humaine. Et s'il nous faut tout à la fois la confronter désormais aux jugements de l'éthique et voir en elle une quête probablement sans fin – idée stimulante bien plus que désespérante – nous devons continuer à la servir et bien sûr à la diffuser et à la faire aimer, comme nous tentons de le faire, auprès des enfants, par *La main à la pâte*.

La servir et l'aimer : c'est tout cela que nous disent, à condition de les bien regarder, les plus de trois cents instruments que comporte cette impressionnante collection du Lycée Guez de Balzac d'Angoulême. Que ceux et celles qui les ont dénichés, réparés, rénovés et amoureuxment réinstallés – au premier rang desquels il convient de citer notre ami Francis Gires – en soient félicités et vivement remerciés !

Georges CHARPAK

Membre de l'Académie des Sciences / Chercheur au C.E.R.N. /
Prix Nobel de Physique 1992 / Membre d'honneur de l'ASEISTE

Claude COHEN-TANNOUDJI

Membre de l'Académie des Sciences / Professeur honoraire au Collège de France /
Prix Nobel de Physique 1997 / Membre d'honneur de l'ASEISTE

Yves QUÉRÉ

Membre de l'Académie des Sciences / Co-Président de l'I.A.P (Assemblée des Académies des Sciences de par le Monde) /
Président d'honneur de l'ASEISTE

Culture scientifique : l'invitation au partage

La poésie et la science sont plus proches qu'on ne le croit. Sans l'imagination, la raison est aride. Et sans la part du rêve, comment explorer l'inconnu ? Dans la merveilleuse collection du lycée Guez de Balzac, la beauté des instruments sert la rigueur des expériences. Notre science, y compris quand elle en a bouleversé les hypothèses, est l'héritière des travaux de ce temps où l'on voulait, comme jamais auparavant, arracher leurs secrets à la vie et à la matière.

Bien sûr, le monde a changé. L'établissement impérial bâti sur les hauteurs d'Angoulême est devenu lycée de la République et nos modernes laboratoires ont peu à voir avec les cabinets de physique d'antan. Mais la science, aujourd'hui comme hier, reste avant tout une formidable aventure humaine. Et c'est toujours la soif de comprendre qui pousse à défricher et déchiffrer plus avant. Bien sûr, le temps n'est plus du positivisme triomphant qui croyait dur comme fer que le progrès scientifique et le progrès social iraient forcément de pair. Le XX^{ème} siècle a eu raison de cette naïveté. Nous savons désormais que les plus belles découvertes scientifiques portent en leurs flancs le meilleur ou le pire, selon ce que les hommes en font, et posent parfois d'épineuses questions éthiques. L'humanité n'a pas toujours la sagesse requise par son savoir... Plus lucide, l'aventure scientifique n'en est pas moins exaltante et reste une formidable promesse d'avenir.

Peut-être cette invitation au voyage suscitera-t-elle le déclic de vocations juvéniles. La France a besoin que davantage de jeunes, les filles autant que les garçons, choisissent les filières de formation scientifiques et s'engagent dans les métiers de la science s'ils en ont le goût, la curiosité, la passion. En Poitou-Charentes, nous les encourageons à ne pas s'interdire ce choix d'avenir.

Je crois profondément aux vertus de l'esprit scientifique qui est bien autre chose que simplement l'apprentissage d'une discipline : une école du doute et du questionnement critique, une exigence de rigueur qui allie la capacité à formuler des hypothèses hardies et l'humilité de leur vérification expérimentale. Je crois aussi à la nécessité, pour tous les citoyens, de se familiariser avec la culture scientifique car ils ont leur mot à dire sur les problèmes de société que nous pose la science. De nos jours, le débat scientifique ne peut plus être monopolisé par les savants et les responsables politiques : un troisième acteur, le citoyen, doit y prendre sa part. Jamais les attentes à l'égard de la science n'ont été aussi grandes et jamais le débat démocratique aussi vital.

Merci à celles et ceux qui ont mis en valeur le beau patrimoine du lycée Guez de Balzac : servant la science, ils servent aussi la culture.

La Présidente de la Région Poitou-Charentes

De Périgueux à Paris en passant par Bordeaux et Angoulême : l'UdPPC et l'ASEISTE cheminent ensemble

En mai 1997, le Bulletin de l'Union des physiciens¹ se fait l'écho d'une exposition *Physique, côté cours, cabinets de physique dans l'enseignement secondaire au XIX^{ème} siècle* organisée au Musée du Périgord du 2 juillet au 24 novembre 1997. Et lors des Journées nationales de Bordeaux en 1999, les congressistes de l'Union des physiciens (UDP), aujourd'hui Union des professeurs de physique et de chimie (UdPPC) auront le privilège de découvrir cette exposition et d'entendre Francis GIRES présenter lui-même les appareils de sa collection personnelle.

Si notre association a relayé, dès l'origine, le travail de notre collègue, c'est en particulier parce que le souci de l'expérience et de l'expérimentation, par les élèves comme à la table du professeur, est central dans les préoccupations de l'association. Faut-il rappeler que l'UDP fut fondée, en 1906, pour aider les professeurs un peu désarmés face à la réforme de 1902 qui avait instauré les travaux pratiques ? Depuis l'origine, la réflexion autour de la mise en œuvre d'expériences démonstratives est au cœur de notre bulletin (devenu le «*Bup*» en 2003).

L'année mondiale de la physique a fourni, en 2005, un nouvel essor aux travaux de Francis GIRES avec la fondation de l'ASEISTE et la réalisation de l'exposition *Physique impériale* qui met en scène la collection du lycée Bertran de Born de Périgueux. Présente lors de son inauguration le 12 mai 2005 à Périgueux, l'UdPPC en a rendu compte². Elle est désormais membre de l'ASEISTE.

Après les Journées nationales de l'UdPPC 2006 qui ont célébré, à Besançon, le centenaire de la création de l'association, les Journées nationales 2007 *Paris de ScienceS*, qui se dérouleront à Paris du 26 au 29 octobre 2007, seront celles du centenaire du *Bup*. Une place importante y sera faite à l'histoire des sciences et de l'instrumentation scientifique dans les établissements scolaires. À côté de la contribution de lycées parisiens qui présenteront des expériences avec leur matériel ancien, nous avons proposé à Francis GIRES d'avoir une place de choix dans le cadre de cette manifestation : il a immédiatement adhéré avec enthousiasme à cette idée et suggéré de réaliser à Paris une exposition qui coïnciderait avec le centenaire du *Bup*. Nous sommes donc très heureux de voir se concrétiser cette idée. L'exposition «*Physique Impériale*» est installée jusqu'au 7 novembre 2007 à l'Espace des Sciences de la Ville de Paris. Elle sera intégrée au programme des Journées *Paris de ScienceS* et accessible, pendant toute leur durée, aux congressistes.

Le catalogue «*l'Empire de la physique*» qui met en scène la prestigieuse collection du lycée Guez de Balzac d'Angoulême est une nouvelle occasion pour l'UdPPC et l'ASEISTE de continuer à cheminer ensemble.

Jean-Charles JACQUEMIN, président de l'UdPPC
 Madeleine SONNEVILLE, présidente d'honneur de l'UdPPC,
 Présidente du Comité de pilotage des journées UdPPC 2007 *Paris de ScienceS*



1 - *Bull. Un. Phys.*, n°794, mai 1997 p.1076

2 - *Le Bup*, n°876, juillet-août-septembre 2005, p.840

La physique expérimentale au lycée

Dans une conférence prononcée en 1904 sur «l'esprit de l'enseignement scientifique» Paul Langevin souligne que *«la question que la théorie pose par voie déductive est inséparable de la réponse que fournit l'expérience»*, ces deux faces étant *«inséparables comme les deux termes d'une égalité»*.

Concernant l'aspect expérimental de la physique deux voies se présentent pour l'aborder au lycée. L'illustration du cours par des expériences, en utilisant les collections d'instruments des cabinets de physique, est la seule voie explorée jusqu'à l'instauration d'exercices pratiques pour les élèves, réalisée par la réforme majeure de l'enseignement secondaire établie en 1902. Une autre mesure, concernant les professeurs, suivra en 1904 avec la définition d'une nouvelle épreuve au concours d'agrégation de sciences physiques, consistant à rassembler le matériel nécessaire pour les expériences destinées à illustrer une leçon et à les exécuter : c'est le «montage de physique».

L'idée de faire exécuter des manipulations par les élèves avait été avancée par Jean-Baptiste Dumas dès 1847. En sa qualité de doyen de la faculté des sciences de Paris, il avait été sollicité par le ministre Achille de Salvandy pour établir un rapport sur l'enseignement scientifique. Dans son rapport, en date du 6 avril 1847 et publié dans le *Journal général de l'Instruction publique* le 19 mai suivant, Dumas explique qu'en sciences physiques il est *«tout à fait indispensable non-seulement de faire devant les élèves toutes les expériences sur lesquelles se fonde la partie de ces sciences qu'il s'agit de leur enseigner, mais, en outre, de leur faire exécuter eux-mêmes les manipulations essentielles à leur intelligence»*. Cette suggestion d'établir des manipulations pour les élèves n'est pas retenue par Salvandy.

D'ailleurs l'idée n'est pas reprise lors de la réforme de la «bifurcation des études» de 1852 due au «triumvirat Fortoul-Dumas-Le Verrier». Cette réforme, mise en œuvre au début du Second Empire par le ministre Hippolyte Fortoul, établit à partir de la classe de 3^e deux filières, l'une littéraire et l'autre scientifique, équivalentes par la durée et la sanction des études. Le développement de la place accordée à la physique nécessite d'accroître les collections scientifiques pour les adapter aux conditions nouvelles ; aussi Dumas demande-t-il des crédits pour l'achat de matériel destiné à enrichir les collections. Toutefois, dans les instructions de 1854 rédigées par ses soins, Dumas encourage les professeurs *«à simplifier leurs appareils, à les construire eux-mêmes toutes les fois qu'ils le peuvent, à n'y employer que des matériaux communs»* (rigueur budgétaire oblige !). Conjointement, ayant souligné l'intérêt des travaux d'atelier tels que ceux accomplis par les élèves de l'École normale supérieure au cours de leurs études, Dumas préconise d'établir un atelier près du cabinet de physique des lycées.

Au tournant des XIX^{ème} et XX^{ème} siècles on dénonce la méthode employée en France pour l'enseignement de la physique, qui est étudiée - dit-on - par le même procédé que les mathématiques c'est-à-dire au tableau noir, sans manipulations pour les élèves, alors qu'en Angleterre et aux États-Unis les élèves apprennent à travailler dans des laboratoires bien outillés.

Avec le plan d'études établi par le décret de mai 1902 sont distinguées, à partir de la 2^{de}, quatre sections dont deux littéraires (A : latin-grec, B : latin-langues) et deux scientifiques (C : latin-sciences, D : sciences-langues), le cursus étant couronné par les classes de Philosophie et de Mathématiques. Cette organisation marque un net recul des humanités classiques.

L'enseignement de la physique, qui débute dans toutes les sections en classe de 2^{de}, est accompagné d'exercices pratiques pour les élèves, d'une durée de deux heures, destinés aux seuls scientifiques (sections C et D, classe de Mathématiques). Cette introduction de manipulations constitue une «haute nouveauté», comme le note Abel Buguet, rédacteur du *Journal de physique élémentaire*. Buguet souligne que la seule idée de faire faire de la physique pratique à des élèves de lycée implique des conceptions très différentes de celles qui ont eu cours jusque là.

Dans les conseils généraux qui accompagnent les programmes, on recommande aux professeurs d'attacher la plus grande importance aux exercices pratiques, d'apporter soin et attention à leur préparation ainsi qu'à leur exécution. On explique que ces exercices peuvent être compris de manière à ne demander ni matériel dispendieux ni instrument trop délicat.

Lors de conférences pédagogiques prononcées au début de l'année 1904 le vice-recteur de l'académie de Paris, Louis Liard, explique : **«C'est surtout par des exercices pratiques bien conduits que les élèves acquerront en physique et en chimie des connaissances précises à la source des faits. Or nos moyens sont insuffisants ; souvent la place manque ; presque partout les instruments font défaut»**. L'inspecteur général Lucien Poincaré souligne à son tour les difficultés matérielles, avant d'expliquer que des phénomènes importants peuvent être étudiés expérimentalement avec **«des instruments les plus communs et du prix le plus modique»**. Les professeurs sont incités à bricoler du matériel (encore une fois budget limité oblige !). Toujours en 1904, un *Recueil d'expériences élémentaires de physique* décrivant des manipulations, est publié sous la direction d'Henri Abraham, secrétaire général de la Société française de physique ; les expériences décrites sont des manipulations. À cet ouvrage ont collaboré plus de cent professeurs du secondaire, qui ont communiqué des idées ; le premier chapitre consacré aux travaux d'atelier est rédigé par Jules Lemoine, professeur au lycée Louis-le-Grand.

Dès juillet 1902 Abel Buguet insistait sur les difficultés particulières que pourraient rencontrer **«les professeurs isolés de province s'ils ne se décidaient à mettre en commun leurs vues»**. Cette idée d'une coopération se concrétise avec la création en 1906 de l'Union des physiciens pour constituer une «Mutuelle des idées», suivie à partir de mars 1907 par la publication du *Bulletin de l'Union des physiciens*. En janvier 1907 Jules Lemoine explicite, dans la *Revue de l'enseignement des sciences*, le rôle qui sera assigné au Bulletin : **«Chacun [demandera] à tous par son intermédiaire, les renseignements qui lui sont nécessaires (Cours, Expériences, Appareils de manipulation, Livres, Constructeurs, Règlements administratifs, Crédits de laboratoire, Matières premières, etc.). Les réponses, données par tous paraîtront dans le Bulletin suivant.»** Et Jules Lemoine souligne la nécessité de mener une étude critique de tous les appareils classiques et des modifications à leur apporter, pour permettre de renseigner les constructeurs.

Dans son rapport, présenté en 1909 au Conseil académique de Paris, l'inspecteur Michel Chassigny insiste sur le rôle joué par les professeurs dans la réussite de la mise en application de la réforme, tout en pointant les difficultés qu'ils ont rencontrées : **«Les professeurs durent s'ingénier à créer de toutes pièces un matériel nouveau, à établir avec des ressources très limitées des séries de manipulation qui, dès l'abord, captivèrent leurs élèves.»**

Arrivé au ministère de l'Instruction publique en 1921, Léon Bérard manifeste rapidement son intention de rétablir un enseignement classique commun dans les premières années du cursus secondaire. En juillet 1921, lors de la réduction des horaires des disciplines

intellectuelles pour faire place à l'éducation physique, la durée des séances de manipulations est réduite de 2h à 1h. Craignant que le projet Bérard ne réduise le rôle des sciences, et tout particulièrement celui des sciences expérimentales, à ce qu'il était avant 1902, le mathématicien Jacques Hadamard monte au créneau en expliquant : *«Ce n'est pas en Philosophie que les lycéens doivent apprendre les règles de la Méthode : c'est tout au long de leurs études, la loupe ou le tube à essai à la main.»*

Un nouveau plan d'études est établi par le décret de mai 1923 ayant pour base deux principes, celui *«d'un fonds commun d'humanités»* et celui de *«l'égalité scientifique»*. Ainsi le nouveau régime d'études supprime la filière moderne tout au long du cursus et établit conjointement un même enseignement de sciences pour tous les élèves de la 6^e à la 1^{re} incluse.

Avec la victoire du Cartel des gauches aux élections de mai 1924 le changement de majorité parlementaire entraîne le remplacement de Léon Bérard. La filière moderne est alors réintroduite à partir de la 6^e. Mais le plan d'études de mai 1925 maintient le régime de l'égalité scientifique qui, si elle nuit à la formation des scientifiques, améliore celle des littéraires dont les horaires de sciences sont renforcés. Désormais tous les élèves bénéficient de l'enseignement pratique et le nouveau plan d'études porte à 1h30 la durée des manipulations.

Avec cette généralisation des manipulations certains établissements doivent procéder à l'extension des locaux qui y sont consacrés. Par ailleurs l'enseignement secondaire féminin, créé par la loi Sée de 1880 avec une organisation spécifique, a été aligné sur son homologue masculin par la réforme Bérard de 1924 ce qui implique l'obligation d'organiser des exercices pratiques de physique et chimie. Les professeurs féminins sont alors confrontés aux mêmes difficultés que leurs collègues masculins lors de la réforme de 1902. L'enseignement expérimental au laboratoire prend donc une importance accrue. Et Marcel Ginat propose des travaux pratiques d'une grande variété, certains pouvant être de *«petits problèmes, posés à la manière des problèmes habituels, à résoudre et à exécuter expérimentalement ensuite»*.

L'application du principe de l'égalité scientifique porte une profonde atteinte à l'enseignement des mathématiques entraînant une mobilisation immédiate des mathématiciens. Puis au début de l'année 1930 on dénonce le «surmenage scolaire» et on demande une réduction de l'horaire des sciences avec en point de mire la physique. Après la réduction drastique opérée dans leurs horaires en 1931 les physiciens se mobilisent aux côtés des mathématiciens pour obtenir le renoncement au «dogme de l'égalité scientifique» et le retour aux principes de 1902. Ceci se réalise avec le nouveau plan d'études établi en 1941 sous le ministère Carcopino. On revient alors à une organisation diversifiée des études secondaires à laquelle on ne pourra plus renoncer.

Les travaux pratiques effectués par les élèves vont rester un élément important de la physique scolaire. Mais en 1987 Michel Hulin dénonce le fait que *«les manipulations font recours à un matériel "didactique" hors de prix et "ad hoc", qui enlève l'essentiel de leur intérêt aux manipulations car il s'agit d'un matériel "modèle", imposé dans une structure figée aux élèves»*. Allant dans le sens d'une valorisation du travail expérimental, le rapport Bourdieu-Gros souligne en 1989 l'intérêt d'organiser des épreuves pratiques *«qui permettent d'évaluer l'inventivité, le sens critique et le "sens pratique"»*, ce qui a conduit à l'établissement d'une épreuve d'évaluation des savoir-faire expérimentaux.

Nicole HULIN

Maître de conférences honoraire à l'Université Paris VI

Centre Alexandre Koyré

Membre du Conseil scientifique de l'ASEISTE

BIBLIOGRAPHIE

Nicole HULIN-JUNG, *L'Organisation de l'enseignement des sciences. La voie ouverte par le Second Empire*, Paris, CTHS, 1989.

Michel HULIN, *Le Mirage et la nécessité. Pour une redéfinition de la formation scientifique de base*, Paris, Presses de l'ENS et Palais de la découverte, 1992.

Nicole HULIN, *Physique et humanités scientifiques. Autour de la réforme de l'enseignement de 1902. Études et documents*, Villeneuve d'Ascq, Septentrion, 2000.

Nicole HULIN, *L'Enseignement et les sciences. L'exemple français au début du XXe siècle*, Paris, Vuibert, 2005.

carte postale, ca. 1905 (coll. particulière)



Les multiples manuels : une source pour retrouver la description et l'usage des appareils anciens

C'est à la demande de Napoléon ¹ que René-Just Haüy publie en 1803 un *Traité élémentaire de physique* destiné à l'enseignement dans les lycées nouvellement créés. La préface de l'ouvrage le rappelle : « *Ce traité, désigné par le Premier Consul, au nombre de ceux qui doivent servir à l'enseignement dans les lycées nationaux, ne pouvait paraître sous de plus heureux auspices.* » ² Jean-Baptiste Biot et Claude Pouillet, physiciens reconnus, en font de même, respectivement en 1817 et 1827.

Suite d'une part à la réforme de la bifurcation ³ de 1852 créant une filière scientifique dans les lycées et accordant une plus grande importance à l'enseignement des sciences physiques, et d'autre part aux progrès de l'édition, le nombre de manuels publiés au XIX^{ème} siècle est alors tel qu'un professeur peut écrire : « *La rédaction des cahiers n'est pas nécessaire vu le nombre de livres élémentaires de professeurs connus des cours publics et privés.* » ⁴

Les auteurs de ces ouvrages s'inspirent d'ailleurs beaucoup des précédents puisque Pouillet se plaint en 1844 : « *Qu'il me soit permis, en terminant, de faire une remarque à laquelle j'attache quelque importance : un grand nombre de figures de cette nouvelle édition ressemblent tout à fait à celles de quelques autres traités de physique : on pourrait croire, au premier abord, que je les ai simplement copiées dans ces ouvrages ; mais si l'on a la bonté de recourir aux dates, il sera facile de se convaincre que la priorité appartient à mes éditions antérieures, auxquelles on a fait de larges emprunts ; je ne m'en plains pas, s'il est arrivé que la science en ait reçu quelque profit. Mais un autre fait qu'il m'est impossible de laisser passer sans mot dire, c'est qu'un auteur après s'être servi de mon livre pour faire le sien, sans se gêner aucunement, comme si le procédé eût été le plus honnête du monde, juge enfin à propos de citer mon nom (page 582 de son second volume), et de le citer de la manière suivante : "M. Pouillet a donné, sans les démontrer, des formules analogues beaucoup plus compliquées, mais qui, au fond, doivent être équivalentes, car elles sont fondées sur les mêmes principes. Plusieurs d'entre elles ont été vérifiées par des expériences nombreuses.* » ⁵ La phrase citée par Pouillet se trouve effectivement dans le manuel de Pécelet ⁶.

Ce sont actuellement tous ces manuels qui permettent à Francis Gires de retrouver les descriptions des appareils présents dans les collections des lycées.

Quelques questions viennent alors à l'esprit : qui étaient les auteurs de ces ouvrages ? quelle en était la diffusion ⁷ ? qui les utilisaient ?

Tableau 1

Nom	Prénom et dates	Fonction	Ouvrage	
Almeida d'	Joseph-Charles * 1848	professeur au lycée Napoléon	<i>Cours élémentaire de physique</i>	3 éditions de 1862 à 1867 avec Boutan
Angot	Alfred * 1868 * 1872	professeur au lycée Fontanes ; directeur du Bureau central de météorologie	<i>Traité élémentaire de physique</i>	1881 et 1884
Hiot	Jean-Baptiste 1774-1862	professeur au Collège de France, académicien	<i>Précis élémentaire de physique expérimentale</i>	1817, 1821 et 1831 traduit en allemand
Branly	Édouard * 1865 1844-1940	professeur à l'Institut catholique	<i>Traité élémentaire de physique</i>	6 éditions de 1895 à 1924
Billard	Marcel, Jacques * 1889	professeur au lycée Charlemagne	<i>Traité élémentaire de physique</i>	avec Maneuvrier
Bouchardat	Appolinaire 1806-1886	pharmacien en chef de l'Hôtel-Dieu	<i>Cours de physique</i>	3 éditions de 1842 à 1851
Bouran	Augustin * 1840	professeur au lycée Saint-Louis.	<i>Cours élémentaire de physique</i>	3 éditions de 1867 à 1867 avec d'Almeida
Boutet de Monvel	Eugène Benjamin * 1841 ?-1898	professeur au lycée Charlemagne	<i>Cours de physique</i>	1 édition en 1867
Carimey	F., François, 1857-?	professeur au lycée Saint-Louis		avec Faivre-Dupaigre
Chassagny	Michel * 1884 * 1887	inspecteur général	<i>Cours élémentaire de physique</i>	8 éditions de 1901 à 1920
Chervet	Alfred ? -1894	professeur au lycée Louis-le-Grand		avec Fernet
Dagum	Pierre Adolphe * 1835 * 1841	professeur à la faculté des sciences de Toulouse	<i>Traité de physique théorique et expérimentale</i>	1851 et 1867
Deguin	Nicolas * 1828 * 1831	professeur à la faculté des sciences de Besançon	<i>Cours élémentaire de physique</i>	10 éditions de 1836 à 1860
Despretz	César Mansuète 1798-1863	professeur au collège Henri IV et à Polytechnique	<i>Traité élémentaire de physique</i>	1825 et 1836
Desains	Quentin Paul * 1835 * 1831	professeur à la faculté de Paris, Académie des sciences	<i>Leçons de physique</i>	1857
Driou	Charles * 1847 * 1850	professeur à la faculté des sciences de Besançon	<i>Traité de physique</i>	13 éditions de 1861 à 1900 avec Fernet
Drivaourt	Charles Édouard * 1867 * 1876	professeur au collège Rollin	<i>Traité de physique</i>	1905
Faivre-Dupaigre	Jules, Charles	professeur au lycée	<i>Traité élémentaire de</i>	1913-1922

Tableau 1 (suite)

Nom	Prénom et dates	Fonction	Ouvrage	
Fraiche	Hélix	professeur au collège Stanislas	<i>Traité de physique</i>	1899
Gaout	Adolphe 1804-1887	professeur cours privé	<i>Traité élémentaire de physique</i>	18 éditions entre 1851 et 1880, poursuivi par Maneuvrier jusqu'en 1931 ; nombreuses traductions
Hachette	Jean Nicolas Pierre 1769-1831	professeur à Polytechnique	<i>Programme d'un cours de physique</i>	1809
Hady	René-Jus 1743-1821	professeur à l'École normale de l'an III	<i>Traité élémentaire de physique</i>	1805, 1806 et 1821 en anglais
Jamin ¹⁰	Jules Célestin * 1838 * 1841	professeur à la faculté de Paris, professeur à Polytechnique ; président de l'Académie des sciences, puis secrétaire perpétuel en 1884	<i>Petit traité de physique</i>	1870
Kaerpelin	Rodolphe 1810-1891	professeur à Colmar	<i>Cours élémentaire de physique</i>	1 ^{re} édition 1833 5 ^e édition 1851
Langlebert	Jules Edmond	professeur à Paris	<i>Manuel de physique</i>	nombreuses rééditions à partir de 1853
Libes	Antoine 1752-1832	professeur à Toulouse puis à Paris	<i>Traité élémentaire de physique</i>	1802 et 1813 traduction en espagnol
Maneuverier ⁹	Georges ? -1933	directeur de laboratoire de l'École pratique des hautes études	<i>Traité élémentaire de physique</i>	successeur de Gaout de 1884 à 1931 12 éditions
Pécelet ⁸	Jean Claude Eugène * 1812	inspecteur général, fondateur de l'École centrale	<i>Traité de physique</i>	1823 à 1847
Pelletan	Pierre 1782-1845	professeur à la faculté de médecine de Paris	<i>Traité élémentaire de physique générale et médicale</i>	3 éditions 1838-1842
Person ⁷	Charles Cleophas * 1832 1801-1884	professeur à Rouen	<i>Éléments de physique</i>	1837
Pinaud	Henri Auguste * 1828 * 1831	abbé, professeur à la faculté de Toulouse	<i>Programme d'un cours élémentaire de physique</i>	7 éditions de 1839 à 1853
Pinault ⁶	Alexis ? -1870	professeur au séminaire d'Issy	<i>Traité élémentaire de physique</i>	1835-1839

Poiré ⁵	Paul Pierre * 1854 * 1862	professeur au lycée Condorcet	<i>Leçons de physique</i>	plusieurs éditions 1874 à 1894
Pouillet ⁴	Claude * 1811	professeur à la faculté de Paris, académicien	<i>Éléments de physique expérimentale</i>	7 éditions 1827-1856 traduction en allemand
Privat Deschanel ³	Augustin * 1841	professeur au lycée Michelet (Vanves)	<i>Traité élémentaire de physique</i>	4 éditions 1863-1884 traductions en anglais et italien
Turpain	Albert 1867-1952	professeur à Poitiers	<i>Physique à l'usage des élèves des classes de seconde et première C et D et mathématiques A et B</i>	6 éditions de 1920 à 1927

¹ D'après André Chervet : http://www.inrp.fr/che/chervet_laureats.htm

¹⁰ 1885	1860-	Saint-Louis, inspecteur général	<i>physique</i>	
Focret ⁹	Émile * 1850	professeur au lycée Saint-Louis, inspecteur général	<i>Traité de physique</i>	13 éditions de 1861 à 1900 avec Driou

¹ D'après André Chervet : http://www.inrp.fr/che/chervet_laureats.htm

Les tableaux récapitulatifs 1 et 2 (ci-dessus et page suivante) tentent de donner une réponse, sûrement incomplète, mais néanmoins indicative, à ces questions. Nous avons sélectionné des manuels déclarant «s'adresser aux candidats au baccalauréat» ou «acceptés dans l'enseignement public», les mêmes auteurs ayant souvent rédigé des traités pour le niveau supérieur (cours à Polytechnique par exemple) ou inférieur (brevet élémentaire par exemple).

Les auteurs

On peut les classer en trois catégories qui peuvent se recouper :

- Les physiciens connus.
- Les physiciens agrégés, souvent anciens élèves de l'École normale.
- Les quasi inconnus.

Dans la première catégorie se rangent Pouillet, Haüy, Biot qui enseignaient au niveau supérieur (université, Polytechnique) ; dans la seconde Chassagny, Fernet ou Faivre-Dupaigre qui furent enseignants en lycée avant de devenir inspecteurs généraux, certains d'entre eux ayant aussi fait des travaux de recherche. Dans la troisième Ganot occupe une place très particulière puisqu'il n'enseigna sans doute que dans un cours privé⁸.

Dans le tableau 1 nous avons indiqué les normaliens par *, les agrégés par ° avec, chaque fois, l'année correspondante.

Les tirages

S'il est relativement facile de retrouver les titres et les auteurs en étudiant les collections des bibliothèques, il est beaucoup plus difficile de déterminer les nombres d'éditions et les quantités éditées ; par ailleurs certains manuels ont été traduits et utilisés à l'étranger, d'autres non. Compte tenu des nombreux exemplaires proposés actuellement à la vente, on peut raisonnablement dire qu'entre 1860 et 1900, deux manuels ont dominé l'édition en ce qui concerne les tirages, celui de Drion et Fernet et celui de Ganot.

Le tableau 1 mentionne, dans la mesure du possible, les dates des éditions et leur nombre, de nombreuses rééditions laissant supposer un certain succès de l'ouvrage. Les auteurs n'ont hélas pas tous, comme Adolphe Ganot en 1880, pris la peine de mentionner les tirages⁹ :

Notre <i>Traité de physique</i> depuis 1851, a été tiré à	204 000
Notre <i>Cours de physique à l'usage des gens du monde</i>, depuis 1859, à	51 500
Total, 25 éditions. . . .	255 500

Ces tirages sont sans doute exceptionnels, le manuel de Ganot ayant été un véritable succès éditorial mondial, utilisé à l'étranger en version française ou en version traduite dans de nombreuses langues.



Trois versions du Ganot : en polonais, allemand, russe

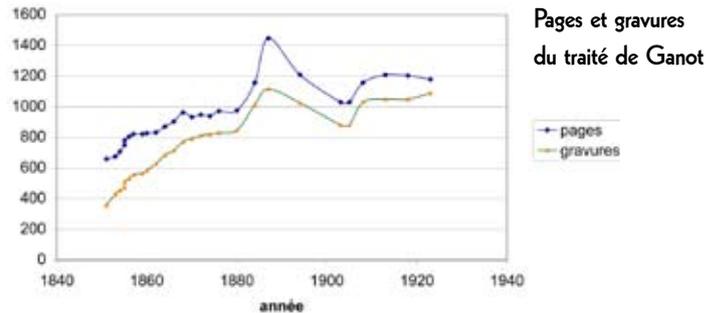
Tableau 2

traité élémentaire de physique						cours de physique						
année	français édition	anglais 1	anglais 2	espagnol	italien	autres	français	anglais 1	anglais 2	espagnol	italien	autres
1851	1-1 partie											
1852	1-2 partie											
1853	2				1	1						
1854	3					2						
1855	4, 5					3 sur F5						
1856	6					2						
1857	7											
1858					2 x	allemand, polonais, suédois						
1859	8					5 sur - 7						
1860	9	x				polonais						
1861						3 6 sur F8						
1862	10	x				3 / sur F10						
1863		x			1							
1864	11					4 x						
1865	x											polonais
1866	12	x			2							
1867						x						
1868	13	x			3							
1869		x			4							bulgare
1870	14				4							
1871		x										
1872	15	x			5							japonais
1873		x			6							
1874	16				6	17						russe
1875		x			7							
1876	17					7 X						t. r. japonais
1877						8 X						
1878						9 x						
1879												
1880	18											
1881		x				10						
1882												
1883						X						
1884												
1885	19	x										
1886												
1887	20											t. r. 2 ^{ed}
1888		x										russe sur F 19
1889												
1890					13							
1891						10						flamand 4 ^{ed} sur F 20
1892												
1893						14						
1894	21					14						
1895						x						
1896												
1897						x						
1898						16						russe sur - 21
1899												crois sur F14
1900												
1901						15						
1902						16						
1903	22					16						
1904						17						
1905	23					17						
1906						17						
1907						17						
1908	24											
1909												russe
1910						18						
1911												
1912												
1913	25					x						
1914												x
1915												
1916												
1917												
1918	26, 29					18						
1919												
1920	30											
1921												
1922												
1923	27, 31											
1924												
1925												
1926												
1927												
1928	29											
1929												
1930												
1931	30											
1932												
1933												
1934												
1935						18						
1936												
1937												

anglais 1 Introduction Puck
anglais 2 Introduction Alkerson

Le tableau 2 rassemble les différentes éditions du *Traité* et du *Cours* de Ganot, le *Cours* ayant servi à l'enseignement féminin. Pour chaque année, nous avons mentionné l'édition quand c'était possible, une croix indiquant une édition sans que l'on sache son numéro. Quand la même édition apparaît plusieurs fois, c'est qu'il s'agit d'une réimpression. Pour les éditions étrangères, nous avons chaque fois que possible indiqué l'édition française d'origine. Dans le cas des traductions anglaises, il y a deux traducteurs et les ouvrages ont été publiés sous des titres différents ¹⁰ : *Introductory Course of Natural Philosophy for the use of High Schools and Academies*, *Course of Natural Philosophy for the use of Schools and Academies*, traduits par W. Peck aux États-Unis. *Elementary Treatise on Physics experimental and Applied for the use of Colleges and Schools*, *Natural Philosophy for General Readers and Young People*, traduits par E. Atkinson en Angleterre.

Il nous a semblé aussi intéressant de regarder l'évolution des nombres de pages et de gravures des manuels. À peu près stables chez Drion et Fernet (870 pages en 1861, 880 en 1900, 700 gravures), ils augmentent fortement chez Ganot comme le montrent les courbes ci-dessous.



Les usagers

Ces indications ne nous donnent hélas guère de renseignements sur les usagers. Les traités du début du XIX^{ème} siècle s'adressent aux professeurs ; à propos de son ouvrage Haüy écrit : « *Les Maîtres habiles qui l'auront entre les mains, plus faits que personne pour sentir la difficulté d'un pareil travail, le jugeront d'une part avec moins de sévérité, et suppléeront de l'autre à ce qui pourrait y manquer .* » ¹¹

Plus tard les ouvrages rédigés par les inspecteurs généraux ont sans doute été plus utilisés par les professeurs pour faire leur cours que ceux rédigés par un professeur peu connu. Cependant de nombreux exemplaires disponibles chez les bouquinistes montrent que les ouvrages de Drion et Fernet comme celui de Ganot ont été travaillés par de nombreux élèves qui y ont mentionné leur nom et leur classe et les ont annotés. L'innovation éditoriale, à partir de 1850, consistant à remplacer les planches de dessins groupés en fin de volume par de «*nombreuses gravures sur bois intercalés dans le texte*» a sûrement rendu les manuels beaucoup plus attractifs pour les élèves. Ils pouvaient y trouver les appareils décrits par leur professeur même lorsque le cabinet de physique de leur lycée n'était pas aussi bien doté que celui du lycée Guez de Balzac.

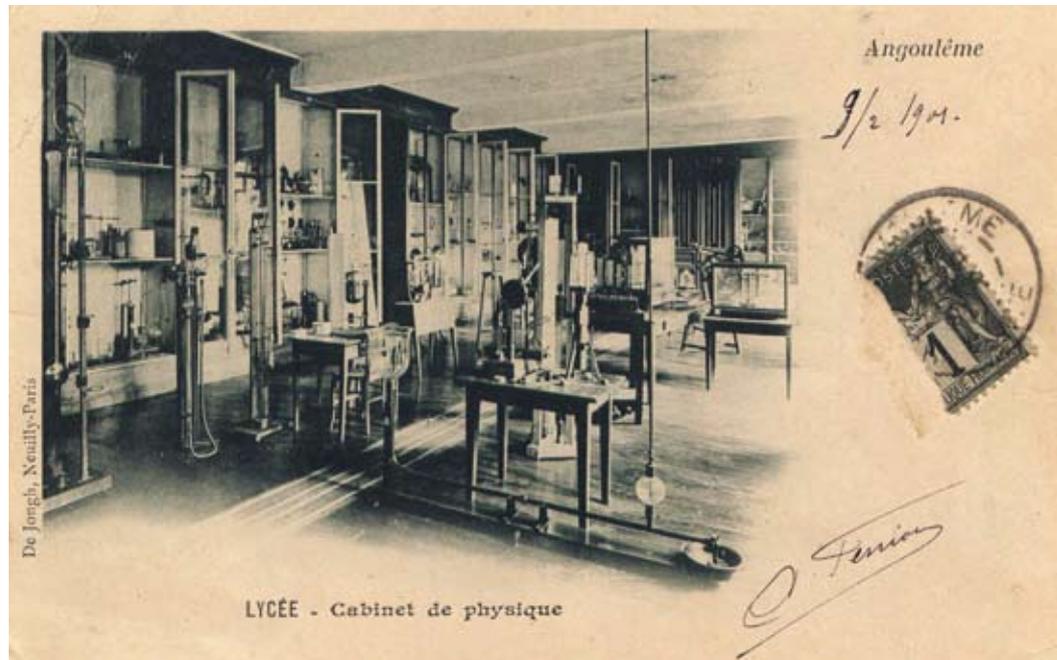
Françoise KHANTINE-LANGLOIS

Université de Lyon, Lyon F-69003, France

Université Lyon 1, EA1658, LIRDHIST, Villeurbanne, F-69622, France.

- 1 - É. Guyon (dir.), *L'École normale de l'an III. Leçons de physique, de chimie, d'histoire naturelle*, Paris, éditions rue d'Ulm, 2006, p. 37.
- 2 - R.-J. Haüy, *Traité élémentaire de physique*, Paris, Delance et Lesueur, 1803, p. xxviii.
- 3 - N. Hulin-Jung, *L'Organisation de l'enseignement des sciences. La voie ouverte par le Second Empire*, Paris, CTHS, 1989.
- 4 - Cité par C. Balpe, *Enseigner la physique au collège et au lycée*, Presses universitaires de Rennes, 2001.
- 5 - C. Pouillet, *Éléments de physique expérimentale*. Paris, Bechet jeune, 1844, p. vi.
- 6 - É. Pécelet, *Traité de physique*, Paris, Hachette, 1838, t. 2, p. 582.
- 7 - Repérer les ouvrages et les tirages des éditions actuelles est facilité par le numéro ISBN, mais celui-ci ne date que de 1972.
- 8 - <http://www.sfc.fr/Khantine-Langlois.F.>, Un siècle de physique à travers un manuel à succès : le traité de physique de Ganot,
- 9 - A. Ganot, *Traité de physique*, Paris, Ganot, 1880, 18^e édition.
- 10 - On trouve aussi *Textbook on Physics being a short and complete Course based upon larger Work of Ganot for the use of Academic High Schools*, Henry Kiddle (trois éditions en 1883, 1890, 1898).
- 11 - *Op. cit.*, p. xxix.

carte postale, ca. 1900 (coll. particulière)



Les instruments de physique au XIX^{ème} siècle, du constructeur à la salle de classe

D'où proviennent les instruments de physique anciens qui emplissent encore quelques vitrines dans les cabinets de physique de certains lycées à travers la France ? Les lycées publics possédant les instruments les plus anciens sont généralement les lycées créés par Napoléon dans chaque chef-lieu de département. Lycées de garçons jusqu'au milieu du XX^{ème} siècle, ils remplaçaient les Écoles centrales, mises en place par la Révolution et souvent installées dans un collège d'Ancien régime. Quelques lycées, tel Louis-le-Grand à Paris, Hoche à Versailles ou Alain-Fournier à Bourges, ont ainsi recueilli des instruments du XVIII^{ème} siècle provenant de collections aristocratiques saisies sous la Révolution puis attribuées aux Écoles centrales.

Au début du XIX^{ème} siècle, un nouveau marché s'ouvre aux instruments scientifiques. Dans les lycées publics et les écoles privées, l'enseignement scientifique se voit accorder une place nettement plus importante que sous l'Ancien régime. De nouvelles classes presque exclusivement scientifiques, les classes préparatoires aux écoles d'ingénieurs, s'ajoutent après le baccalauréat. La création des facultés des sciences en 1808, mais aussi d'écoles techniques secondaires et de diverses écoles d'ingénieurs au cours du siècle, accroît encore la demande d'instruments pour l'enseignement. Aux côtés des nouveaux professeurs de physique recrutés pour ces établissements, des préparateurs et des conservateurs de collections sont affectés pour entretenir les instruments et préparer les expériences de cours. Mais la plupart des instruments anciens de lycée, de Périgueux à Rennes, en passant par Charleville-Mézières, Angoulême ou Niort, ont été fabriqués au XIX^{ème} siècle par des constructeurs ayant pignon sur rue et vendant sur catalogue à ces multiples établissements d'enseignement, en France et à l'étranger. Certes le célèbre constructeur Ruhmkorff dont les instruments se retrouvent à travers toute l'Europe, n'avait pas de catalogue mais ses instruments étaient décrits suffisamment en détail dans tous les traités de physique en particulier le *Ganot*, une « bible » d'un millier de pages pour les professeurs.

Il ne s'agit plus alors de recourir à des instruments décoratifs, tels ceux que pouvait construire, ou faire construire, l'abbé Nollet au XVIII^{ème} siècle pour les salons des amateurs fortunés. Ces instruments, destinés à l'enseignement, ont également peu à voir avec les instruments « historiques » tels que les impressionnants appareils de Lavoisier pour la synthèse de l'eau visibles au Musée des Arts et

Métiers ou le télescope de Galilée conservé comme une relique au Musée d'histoire des sciences de Florence, deux hauts lieux de l'histoire de l'instrumentation scientifique. Nombre de ces instruments en revanche sont identiques à ceux qui étaient utilisés par les physiciens de l'époque, y compris au laboratoire de physique de la Sorbonne. La comparaison entre la photographie de ce laboratoire de la Sorbonne, où le professeur Henri Pellat est entouré de ses assistants et étudiants, et celle du cabinet de physique du modeste collège Saint-Thomas-d'Aquin à Oullins en témoigne (fig. 1, 2). L'auteur de la carte postale représentant ce cabinet vante sa collection à une jeune parisienne : «Je ne vous adresse cette carte Mademoiselle Simone, que pour vous convaincre de l'extrême facilité que vous auriez eue à devenir une physicienne distinguée avec tout le luxe d'appareils dont j'ai ici la jouissance. . .».

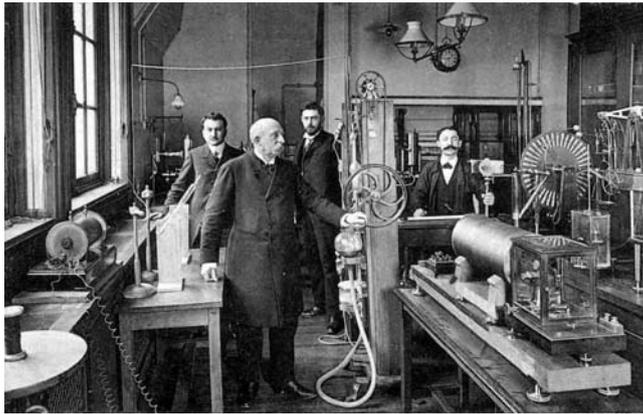


Fig. 1 - Le laboratoire de physique de la Sorbonne (coll. particulière)

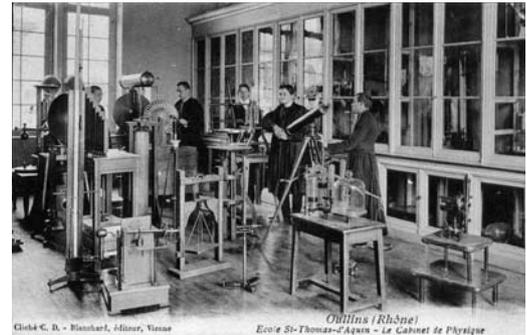


Fig. 2 - École Saint-Thomas-d'Aquin.
Le cabinet de physique (coll. particulière)

Les facultés des sciences se fournissent en effet auprès des mêmes constructeurs, sur les mêmes catalogues, ce qui explique qu'un certain nombre de professeurs de lycée ont pu mener des travaux de recherche avec des instruments de leur cabinet, éventuellement perfectionnés par leurs soins ou par leur préparateur.

À côté des instruments didactiques destinés à illustrer les phénomènes et les lois physiques, en remontant jusqu'à l'Antiquité avec la vis d'Archimède, on trouve sur les catalogues de constructeurs d'autres types d'instruments. Les appareils de physique amusante sont majoritairement issus du répertoire des démonstrations publiques du XVIII^{ème} siècle comme la fontaine de Héron, le carillon électrique ou le petit chasseur tirant une étincelle entre l'extrémité de son fusil et le centre d'une cible. S'y ajoutent au cours du siècle d'autres objets de divertissement comme le stéréoscope qui fait défiler des séries d'images en relief. Mais la frontière entre didactique et physique amusante reste floue dans le cas d'instruments comme l'étonnant double cône de Nollet qui, semblant remonter une pente, défie les lois de la gravité pour mieux les faire comprendre, ou le globe électrique reproduisant les lueurs mystérieuses des aurores boréales.

Aux objets techniques anciens, modèles réduits de treuil, de haut-fourneau ou de machine à vapeur, graphomètre de l'expert géomètre, hygromètre du météorologue, rose des vents du navigateur, s'ajoutent au fur et à mesure de leur introduction dans la société : le télégraphe,

l'appareil d'électricité médicale, l'appareil photographique, le téléphone, la dynamo, etc. Ici encore la frontière reste floue avec certains instruments comme le spectroscope qui peut être utilisé aussi bien dans une classe de lycée ou un amphithéâtre de faculté pour montrer les phénomènes de la réfraction et de la dispersion, que dans un observatoire astronomique pour analyser la lumière d'une étoile, dans un laboratoire de contrôle alimentaire pour déterminer la composition d'un produit afin de détecter une éventuelle fraude, ou encore sous une forme particulière dans un laboratoire d'hôpital pour une analyse de sang. Les listes officielles d'instruments adressées aux établissements par le ministère de l'Instruction publique témoignent de la grande diversité de ces instruments. Les catalogues richement illustrés des constructeurs vont encore au-delà avec leurs centaines d'appareils, souvent sous plusieurs versions pour une même fonction, retraçant toute l'histoire matérielle de la physique. En bref l'offre répond à la demande.

Pendant la première moitié du XIX^{ème} siècle, la plupart des constructeurs d'instruments scientifiques ont été formés comme artisans mécaniciens ou horlogers, comme Ruhmkorff, ou bien ont appris le métier dans l'atelier d'un constructeur. Leur collaboration avec les représentants de la physique française alors à son apogée, Ampère, Fresnel, Arago, Biot, Foucault, Malus ou Becquerel, les rapproche de la pratique scientifique. Ils installent leurs établissements au cœur de Paris, à quelques minutes à pied de la Sorbonne, de l'École polytechnique, des grands lycées parisiens, de l'Académie des sciences, etc. où exercent leurs clients. Mais c'est une relation infiniment plus complexe que celle de client à fournisseur qui s'instaure au cours du siècle. Ils connaissent bien les professeurs avec qui ils discutent des appareils à réaliser. Certains, comme Bourbouze, Ruhmkorff ou A. Gaiffe, occupent un certain temps la fonction de préparateur dans une institution d'enseignement supérieur. D'autres suivent les cours des professeurs pour qui ils travaillent afin de parfaire leurs connaissances scientifiques. Souvent ils se lancent dans des innovations en association avec un professeur. Des collaborations étroites se mettent ainsi en place, par exemple entre Fresnel et son constructeur Soleil, Fizeau et son constructeur Froment ou Foucault et son constructeur Breguet. L'atelier du constructeur devient un lieu de rencontre, voire un lieu d'expérimentation, dans le prolongement du laboratoire. Les professeurs, les préparateurs peuvent s'y retrouver, poser leurs questions techniques. Savants et constructeurs doivent en effet négocier pour atteindre un compromis entre le souhaitable et le réalisable.

Quant aux connaissances techniques spécifiques à l'instrumentation, elles se transmettent d'un constructeur à l'autre. Ainsi au début du siècle, Henri Gambey (1787-1847) accueille dans son atelier Gustave Froment (1815-1865), qui lui-même forme à son tour Eugène Ducretet (1844-1915). Sous l'instigation des exigences scientifiques, la technique est poussée vers le haut. Ce sont les constructeurs d'instruments scientifiques qui construisent des appareils tournant à des vitesses jamais atteintes afin de mesurer la vitesse de la lumière, qui créent des tensions électriques toujours plus élevées, qui sont les premiers à utiliser les nouveaux métaux ou alliages, etc. Ruhmkorff met au point la bobine qui porte son nom, Antoine Breguet étudie la dynamo de Gramme, Jules Carpentier réalise la caméra des frères Lumière, Eugène Ducretet effectue les premières expériences de télégraphie sans fil. Dans la seconde moitié du siècle, des constructeurs présentent des mémoires à l'Académie des sciences, ils deviennent membres de la Société française de physique, de la Société internationale des électriciens, et d'autres sociétés savantes ou techniques. Tandis que les constructeurs se rapprochent du monde et des valeurs des scientifiques, ces derniers défendent une pratique de la physique fondée sur l'expérience. Ainsi Jules Jamin, professeur à la Sorbonne et à l'École polytechnique, se félicite-t-il de la présence de nombreux constructeurs à la Société de physique où, affirme-t-il, «l'expérience et la pratique sont honorées à l'égal de la théorie». De fait les professeurs de physique français de la fin du siècle,

Jamin, Branly, Pellat, Bouty ou Lippmann s'intéressent bien davantage au progrès technique et instrumental qu'aux avancées de la physique théorique alors discutées en Grande-Bretagne ou en Allemagne.

L'étroite collaboration entre professeurs et constructeurs s'affiche lors des conférences publiques et des soirées scientifiques données sous le Second Empire, à la Sorbonne, au Conservatoire des arts et métiers ou dans des salles de spectacle privées. Des projections lumineuses et des expériences spectaculaires mettent en œuvre tout un arsenal parfaitement maîtrisé de bobines de Ruhmkorff géantes, d'appareils à décharges dans les gaz ou de réactions chimiques, devant des auditoires pouvant atteindre plus de mille personnes. Derrière le professeur, ce sont les constructeurs ou les préparateurs qui règlent la mise en spectacle des expériences.



Fig. 3 - Ateliers
Ruhmkorff-Carpentier en 1881
(La Lumière électrique, 4, 1881, p. 281)

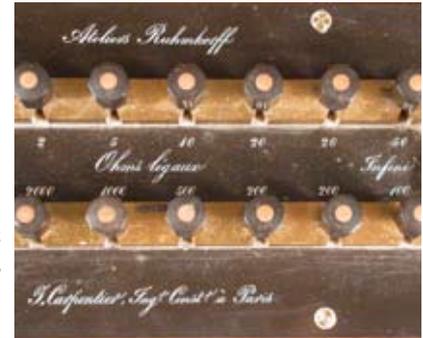
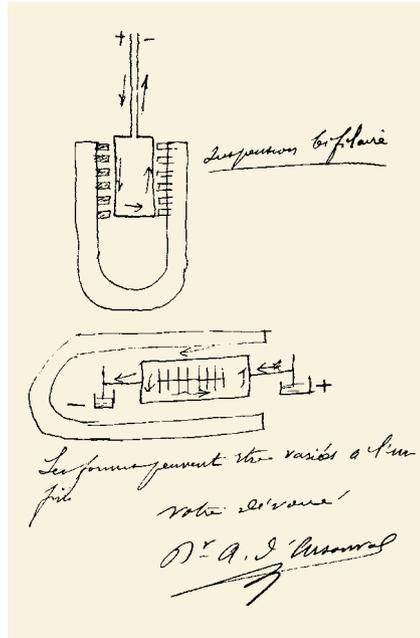


Fig. 4 - Boîte d'ohms légaux
Ruhmkorff-Carpentier
(coll. lycée Guez de Balzac)

À la fin du siècle, le développement des applications de l'électricité jusqu'alors limitées à la télégraphie, la galvanoplastie et l'électricité médicale, pose un nouveau défi aux constructeurs. Avec les débuts de la distribution de l'électricité dans les villes, pour l'éclairage et la force motrice, se produit un changement d'échelle et apparaît un besoin de standardisation. L'époque de l'ouvrier fabricant son instrument de A à Z, parfois à son domicile, d'après un modèle, voire simplement suivant des indications orales, à la lime et au tour, est révolue. Jules Carpentier qui reprend en 1878 les ateliers Ruhmkorff à la mort de ce dernier, installe un bureau d'études, met en place la division du travail et la production en série (fig. 3). Carpentier représente une nouvelle génération de constructeurs : ingénieur de l'École polytechnique, il veut bâtir une entreprise moderne. En bonne stratégie commerciale, il conserve le nom universellement connu des «Ateliers Ruhmkorff», qu'il fait suivre de la mention «J. Carpentier, Ingénieur-constructeur à Paris» et ajoute comme raison sociale : «Études et réalisations d'appoint dans toutes les disciplines». On retrouve cette double mention sur ses premiers instruments, comme la boîte d'ohms légaux (fig. 4) qui servait à vérifier l'étalonnage des résistances électriques du laboratoire. Il fallait en effet désormais suivre les instructions du congrès international des électriciens, tenu à Paris en 1881, qui fixa le «langage universel» des électriciens, c'est-à-dire la définition des unités électriques, et en premier lieu l'ohm, unité de résistance. L'électricité devenait une marchandise, qui se vend et qui s'achète, donc pour laquelle il fallait des appareils de mesure standardisés et contrôlés par le législateur à l'exemple des balances commerciales. Au début de sa carrière Carpentier collabore encore avec des savants comme le médecin Arsène d'Arsonval, professeur de médecine expérimentale au Collège de France qui lui décrit dans une lettre de 1880 son projet de galvanomètre. «Tout mon truc, écrit d'Arsonval, consiste à laisser fixe le système magnétique et rendre mobile le courant qu'il s'agit de mesurer». La dernière page de



cette lettre (fig. 5) illustre ce renversement dans la conception de l'appareil de mesure du courant électrique. En bas le schéma du galvanomètre de Marcel Deprez, le premier galvanomètre utilisé dans l'industrie, avec un circuit fixe et une partie en fer mobile autour d'un axe horizontal, l'«arête de poisson». En haut, l'idée de d'Arsonval avec un cadre conducteur mobile vertical. Et d'Arsonval d'ajouter : «Posez la colle à Deprez [un autre ingénieur électricien] pour voir si nous nous rencontrerons». Ce sera le fameux galvanomètre Deprez-d'Arsonval à cadre mobile, sur le principe duquel seront construits la plupart des ampèremètres industriels, et qui sera étudié et manipulé par tous les étudiants scientifiques jusqu'aux années 1960. Par la suite l'entreprise Carpentier étend sa fabrication aux caméras et aux pianos mécaniques, très en vogue à la fin du siècle.

Fig. 5 - **Lettre d'Arsène d'Arsonval à Jules Carpentier décrivant le principe de son galvanomètre, 1880**
(CDHT, CNAM)

Fig. 6 - **Le stand Ruhmkorff-Carpentier à l'Exposition internationale d'électricité 1881**
(*La Lumière électrique*, 7, 1882, p. 155)

Souvent considérés comme de simples fournisseurs d'appareils, les constructeurs ont donc été des acteurs importants à la fois du développement scientifique et de la Révolution industrielle. Certes l'instrumentation scientifique constitue une branche mineure de l'industrie par le nombre de travailleurs (quelques centaines), les quantités produites ou les investissements en jeu. Mais c'est une industrie de pointe recourant aux innovations techniques et exportatrice tout au long du XIX^{ème} siècle. Les expositions de l'industrie nationale, puis les expositions universelles, constituent des lieux de confrontation et de stimulation pour les constructeurs qui y présentaient leurs meilleurs produits (fig. 6). Au cours du siècle, ils amènent l'industrie française des instruments scientifiques au premier rang européen, qu'elle perdra à la veille de la première guerre mondiale au profit de l'Allemagne.



Quant à savoir ce qui se passait réellement dans les classes, c'est une chose difficile. Les instruments sortaient du cabinet de physique, contigu à la salle aux bancs en gradins, permettant aux élèves du fond de la classe de voir les objets déposés sur la longue table derrière laquelle officiait le professeur. Ce dernier décrivait l'instrument, en faisait au tableau un dessin que les élèves recopiaient dans leur cahier. Certaines expériences étaient réalisées devant les élèves, qui occasionnellement prêtaient la main pour aider le professeur. Mais les élèves ne manipulaient pas eux-mêmes les appareils, sauf lorsqu'un professeur autorisait un ou deux élèves particulièrement intéressés à pénétrer

dans le cabinet de physique. La presse de vulgarisation scientifique, florissante à la fin du siècle, suscitait en effet un grand intérêt dans le public pour des inventions comme la télégraphie sans fil. Or le cabinet de physique du lycée était le premier lieu où l'on pouvait observer ces innovations. Mais on peut penser que nombre d'instruments complexes ou délicats à manipuler, telle la balance de Coulomb, étaient simplement exhibés et décrits comme constituant les preuves matérielles sur lesquelles s'appuient les lois fondamentales de la physique, l'équivalent pour les sciences des grands «classiques» pour les humanités. En tout état de cause, les élèves ne touchaient pas à ces instruments, les travaux pratiques pour les élèves ayant été introduits dans l'enseignement de la physique par la réforme de 1902. Finalement ces objets de laiton et de bois ont joué un rôle davantage culturel et symbolique, que d'initiation à la pratique scientifique.

Christine Blondel

CNRS, Centre Alexandre-Koyré / CRHST

BIBLIOGRAPHIE

Paolo BRENNI, L'industria degli strumenti scientifici in Francia nel XVIIIe-XIX secolo, in G.L'E Turner (ed.), *Gli strumenti*, Mondadori Arte, Milano 1990, pp. 450-463.

Paolo BRENNI, série d'articles sur les constructeurs français (Chevalier, Ruhmkorff, Carpentier, Breguet, Soleil, etc.), in *Bulletin of the Scientific Instrument Society*, 1995-2006.

Christine BLONDEL, Electrical instruments in 19th century France. Between makers and users, *History and Technology*, 13 (1997), p. 157-182.

Christine BLONDEL, Entre l'électrophysiologie et l'électricité industrielle: le galvanomètre à cadre mobile, in A. Turner et al.(ed), *Studies in the History of Scientific Instruments*, London, 1989, p. 179-191.

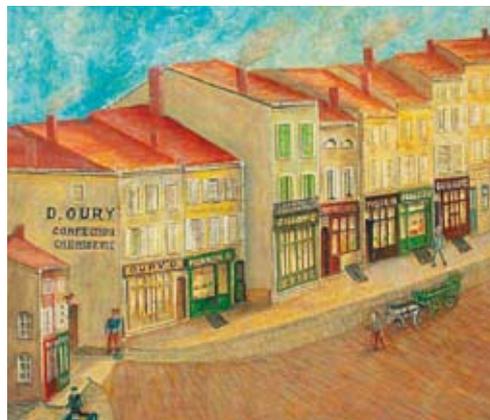
Jacques PAVEN, Les constructeurs d'instruments scientifiques en France au XIXème siècle, *Archives internationales d'histoire des sciences*, 36 (1986), p. 84-161.

PIERRON, la maison du matériel éducatif depuis 1871

PIERRON est aujourd'hui une enseigne bien connue dans le monde de l'éducation. Nos nouveautés didactiques font l'objet de discussions et de débats dans les salles de professeurs de France et d'ailleurs. Nos catalogues se consultent, se prêtent et se gardent, parfois comme des encyclopédies, depuis de très nombreuses années. Autant de nouveautés didactiques et autant de catalogues qui font l'histoire de PIERRON depuis plus de 130 ans.

Le premier véritable catalogue de PIERRON, « *la maison du matériel éducatif* »¹, est publié en 1932. Mais c'est entre 1871 et 1878, que Édouard Pierron fonde la maison PIERRON, qui fait aujourd'hui partie des plus anciennes entreprises de matériel didactique au monde et qui est la seule, à être encore dirigée par l'arrière petit-fils de son fondateur. Malgré cette généalogie linéaire et apparemment sans anicroche, l'histoire du premier groupe européen fabricant de matériel pédagogique est intimement liée à l'histoire de l'Europe.

La «*maison*» PIERRON est d'abord née dans la guerre. Chassé de son poste d'instituteur de l'école communale d'une petite ville de Lorraine (Château-Salins) après la Guerre franco-prussienne de 1870, Édouard Pierron fonde une petite librairie au service de ses anciens collègues. Dès l'origine, il entreprend la fabrication de petits matériels pédagogiques. En 1887, il achète sa première machine à imprimer et commence à produire des documents imprimés pour les écoles (cahiers de présence, carnets de notes, planches didactiques, ...) ². Antonin Pierron poursuit le travail de son père en développant sa production à destination des écoles de Lorraine, puis de France et fonde un second établissement à Sarreguemines (siège actuel du Groupe PIERRON).



En 1929, Marcel Pierron reprend l'entreprise de son père avec son diplôme d'ingénieur chimiste, et publie son premier «*catalogue de matériel scientifique et général à destination des écoles*» (1932), mais l'histoire de l'Europe rattrape une nouvelle fois la maison PIERRON : en 1939, c'est l'évacuation et le pillage de l'entreprise qui laisse Marcel Pierron sans machines ni ressources. En 1943, l'entreprise est bombardée et sera à nouveau pillée en 1944 ! L'euphorie de la paix laisse place au chantier de la reconstruction.

Dès 1946, parallèlement au développement des «*Éditions de la Technique Moderne*» (éditions de livres techniques et scientifiques à destination des écoles), PIERRON lance la production de ses fameux *Compendiums Scientifiques* qui sont encore

vendus aujourd'hui, bien que sous une forme différente. L'entreprise se développe vite dans l'Europe d'après-guerre, et en 1949, le catalogue *«matériel technique PIERRON pour l'école»* propose une large gamme de : compendiums métriques, compendiums chimiques, *«nécessaire électrique PIERRON»*, cabinet de construction PIERRON *physica n°1*, cabinet physique 1, 2 et 3 (avec pour citer quelques exemples : le bouillant de Franklin, l'appareil d'Ingenhousz, l'électroscope, le voltamètre, la pile Leclanché, ...). En 1950, l'entreprise compte 130 personnes et ne cessera de grandir. Elle possède *«[...] sa propre imprimerie typo et photomécanique, sa menuiserie, ses ateliers mécaniques, de travail du verre, d'installation électrique, de moulage, de peinture, son laboratoire de chimie, son atelier de préparations biologiques, son laboratoire de recherche, ses services d'éditions techniques, de librairie classique et sa fabrication de timbres en caoutchouc éducatifs»*. PIERRON a toujours eu le souci d'améliorer et de développer sa production. Ainsi, l'entreprise multiplie ses références : cosmographe de Werner, tronc humains, rail de Laplace, roue de Barlow, machine à vapeur, moteur dynamo, pont de Wheastone, ...



Les années cinquante marquent véritablement un tournant dans la vie de l'entreprise familiale qui accroît considérablement son offre et se positionne déjà parmi les leaders français de fabrication de matériel scolaire.

En 1964, fort de sa production originale, PIERRON se lance dans l'exportation. Dix ans plus tard, l'entreprise exporte près de 40 % de sa production dans plus de 70 pays. La qualité et l'originalité des 7.000 références de l'offre PIERRON confortent son développement en France et dans le Monde.

En 1976, Marcel Pierron laisse la place à son fils Jean-Marcel (actuel président du Groupe PIERRON). L'entreprise PIERRON s'installe dans une nouvelle usine moderne et investit dans ses outils de production. La mise en place d'un atelier d'injection, de mécanique et d'électronique permet le développement de nouveaux produits toujours plus élaborés et en phase avec l'évolution des savoirs.

En 1976, Marcel Pierron laisse la place à son fils

Fort de sa position sur le marché français, l'entreprise familiale se tourne vers l'Europe qui construit son marché commun. Ainsi, entre 1989 et 2006, PIERRON implante directement des filiales en Allemagne, en Espagne, en République Tchèque, en Pologne et au Portugal. En 2005, le Groupe PIERRON implante aussi une filiale commerciale en Algérie. En outre, le Groupe développe plusieurs filiales spécialisées en France³. Ce réseau de filiales assure au Groupe une assise unique en Europe, faisant de PIERRON : le premier groupe européen du matériel didactique.

En 2006, PIERRON représente près de 20.000 produits proposés à nos clients (de la maternelle aux premières années de l'enseignement supérieur) à travers près de 5.000 pages de catalogues réalisés dans une dizaine de langues. Notre groupe est présent dans près de 120 pays dans le monde et emploie 300 collaborateurs (dont plus de la moitié sur le site de Sarreguemines).

Aujourd'hui, PIERRON fonde toujours son avenir sur le développement de produits en phase avec l'évolution des savoirs et avec le concours d'auteurs pédagogues issus du monde enseignant, mais aussi en partenariat avec des institutions scientifiques comme : le Palais de la Découverte, le Muséum National d'Histoire Naturelle, le Centre National des Arts et Métiers, l'Institut de Physique du Globe de Strasbourg, Institut National de Recherche Agronomique...

Nous continuons à être fier et passionné d'apporter chaque jour notre pierre à la formation des générations futures. Les outils didactiques sont des vecteurs importants du savoir et du développement, ils permettent aux enseignants du monde entier d'exprimer et de transmettre leurs connaissances dans les meilleures conditions à des centaines de millions d'élèves.

Sébastien PIERRON

1 - Appellation commerciale utilisée dans les années 30 par l'entreprise PIERRON.

2 - PIERRON conserve, en marge de son activité principale de fabricant de matériel didactique, une activité d'imprimeur (*PIERRON Impression*) et une activité d'éditeur régional (éditions PIERRON).

3 - Citons entre autres, *PIERRON Médical* et *PIERRON Technique* pour l'enseignement professionnel, les Éditions DPF et SORAL pour l'enseignement des Sciences Humaines dans les établissements secondaires, ou encore, ASCO et CELDA pour l'enseignement Maternel et Élémentaire.



Constructeurs des instruments scientifiques du cabinet de physique du lycée Guez de Balzac

ALVERGNIAT Frères (1858 – après 1900)

La Maison fondée par les frères Alvergniat en 1858, fut reprise en 1890 par Victor Chabaud qui la dirigeait depuis 1879. Cette Maison qui s'occupait spécialement des instruments en verre soufflé s'adjoignit, en 1880, un atelier de mécanique de précision d'où sont sortis les divers instruments de physique en usage dans les établissements scolaires notamment des baromètres, pompes à mercure, trompes à eau et à mercure. Victor Chabaud étendit la production de la Maison aux tubes à rayons X et aux instruments d'océanographie.

96 **Pyromètre à levier** (Alvergniat Frères, 30, rue de la Sorbonne, Paris)

110 **Appareil de Gay-Lussac (mélange des gaz et des vapeurs)** (Alvergniat Frères, Paris)

BARTHÉLÉMY BIANCHI (1840 – 1896)

Barthélémy-Urbain Bianchi (1821-1898) venu à l'âge de quatorze ans à Paris fut pendant cinq ans l'apprenti de Gambey et s'établit à son compte alors qu'il n'avait pas encore vingt ans. Fabricant d'instruments d'arpentage, de mesure pondérale, il est l'auteur de nombreuses inventions et perfectionnements comme la machine pneumatique rotative à un seul corps de pompe oscillant et à double effet, appareil pour la liquéfaction du protoxyde d'azote, etc... La maison Bianchi fut absorbée par la maison Collot en 1896.

182 **Alidade à pinnules** (Barthélémy Bianchi à Paris)

BRÉGUET (1874 -1882)

Antoine Bréguet (1851-1882) était le fils tard venu de Louis Bréguet (1804-1883), inventeur du télégraphe à cadran. Sorti de Polytechnique à 23 ans, il fit alors ses débuts dans la Maison. Souffrant de rhumatisme articulaire aigu, il succomba à 31 ans, notamment à cause des fatigues excessives qu'il s'était imposées pour la réussite de l'installation de l'exposition internationale d'électricité de 1881. Cependant son œuvre fut considérable et contribua puissamment à la naissance de l'électrotechnique : machine de Gramme (le traité avec Gramme fut signé en 1875), piles, téléphonie, téléphonie, bobines d'induction, altimètres...

103 **Thermomètre métallique de Bréguet** (Bréguet)

272 **Machine de Gramme** (Gramme. Inv., breveté SGDG, Bréguet Ft. N°792)

BRETON Frères (1851 -1863)

Fabricant d'instruments de physique et chimie, optique, astronomie.

271 **Appareil électromédical Breton** (Breton Frères, 23 rue Dauphine à Paris)

J. CARPENTIER (1878 – 1921)

Jules CARPENTIER, ingénieur, constructeur (1851-1921). Quatre ans après la fin de ses études à l'École Polytechnique, en 1877, il racheta les ateliers Ruhmkorff où il introduisit rapidement de nouvelles méthodes de travail : «jadis un même ouvrier assurait la construction complète d'un instrument d'après un modèle à imiter, Carpentier a imposé aux ouvriers d'exécuter les pièces conformément à des dessins soigneusement tracés et côtés avec l'exactitude la plus rigoureuse». Il spécialisa l'entreprise dans le domaine des mesures électriques : on lui doit notamment, en 1882, la construction du célèbre galvanomètre imaginé par Deprez et d'Arsonval, l'oscillographe de Blondel pour l'étude des courants alternatifs, etc... Vers 1890, il se tourna vers l'optique et réalisa entre autres les appareils cinématographiques des frères Lumière. Il s'intéressa à bien d'autres domaines comme celui de la télégraphie électrique et plus tard de la TSF où son ingéniosité fut sans égal.

202 **Électromètre à quadrants de Mascart** (J.Carpentier, Paris)

248 **Galvanomètre Deprez D'Arsonval** (J.Carpentier Ingénieur Constructeur à Paris)

252 **Boîte de résistances (ohms légaux)** (Ateliers Ruhmkorff, J.Carpentier Ingénieur Constructeur à Paris)

DELAMARCHE (1848 – 1900 ?)

Grosselin, gérant des ateliers de Félix Delamarche, devint, en 1848, propriétaire de l'entreprise sous la raison sociale «Maison Delamarche».

295 **Globe céleste** («approuvé par l'Université» par Delamarche, 23, rue Serpente, Paris)

DELEUIL Père (1820 – 1855) DELEUIL fils (1855 – 1893)

La Maison fondée par Deleuil Père en 1820, s'orienta vers la construction des instruments de grande précision comme, par exemple, la balance très sensible que présenta Savart, en 1839, à l'Académie des Sciences et qui servit

à Dumas et Régnault pour leurs travaux sur la densité des gaz et des vapeurs. Son fils lui succéda en 1855 dans le même esprit notamment dans le domaine des balances de précision qui furent elles aussi présentées à l'Institut. Il perdit la vue en 1876, ce qui ne l'empêcha pas de poursuivre ses travaux jusqu'en 1893. La Maison fut reprise par deux ingénieurs Pillon et Velter qui continuèrent de fabriquer machines pneumatiques, photomètres et balances de précision.

- 15 Vernier rectiligne (Deleuil à Paris)
- 33 Vases communicants capillaires (Deleuil opticien, rue du Pont de Lodi, 6, Paris)
- 70 Sirène de Cagniard-Latour (Deleuil à Paris)
- 100 Thermoscope de Leslie ou thermomètre différentiel (Deleuil, rue du Pont de Lodi, N°6 à Paris)
- 102 Thermoscope ou thermomètre différentiel de Rumford («thermomètre de Rumford» par Deleuil rue du Pont de Lodi, 6, à Paris)
- 110 Appareil de Gay-Lussac(mélange des gaz et des vapeurs) (Deleuil, Paris)
- 115 Chaudière de Boutigny (Deleuil à Paris)
- 123 Hygromètre de Régnault (Deleuil, Paris)
- 189 Boussole d'inclinaison (Deleuil à Paris)

DE DION-BOUTON (1881 – 1933)

Le marquis Albert De Dion (1856-1946) s'associa, en 1881, avec Georges Bouton et Armand Trepardoux, constructeurs de moteurs à vapeur. En 1884 ils construisirent un moteur à vapeur léger pour équiper un quadricycle. En 1889 ils prirent un brevet pour un moteur à explosion à cylindres rotatifs. En 1895 la société produisit une automobile à moteur à essence de petite cylindrée. En 1900, De Dion-Bouton était le plus grand fabricant d'automobiles dans le monde.

- 140 Moteur à essence de pétrole type De Dion-Bouton (De Dion-Bouton)

DESBORDES (1824 – 1890)

J. Desbordes fut considéré comme l'un des créateurs de la manométrie. Il ouvrit son établissement en 1824 suite à la législation de 1823 rendant obligatoire le manomètre sur les machines à vapeur haute pression. Il construisit aussi des baromètres métalliques, thermomètres, dynamomètres, pyromètres... Son entreprise fusionna, en 1890, avec celle de Guilbert, A. Casse et Cie et reprise par la suite, par Léon Maxant.

- 18 Cathétomètre (Desbordes à Paris)
- 41 Vis d'Archimède ou pompe à spirale (Desbordes, rue Saint-Pierre Popincourt, N°20, Paris)
- 42 Béliet hydraulique (Desbordes, rue Popincourt, N°20, Paris)

DUBOSCQ (voir SOLEIL)

E.DUCRETET (1864 – 1908)

Eugène Ducretet (1844-1915), dont les études ne dépassèrent pas le niveau primaire, fut admis, en 1859, comme apprenti chez Gustave Froment,

polytechnicien de formation. À son contact, il put acquérir une solide formation théorique qu'il compléta plus tard en suivant les cours de la Sorbonne et du Collège de France.

Il fonda son propre atelier, rue des Ursulines, à proximité immédiate de l'École Normale Supérieure. Son atelier fut fréquenté par de nombreux savants : Poincaré, Pasteur, Berthelot, Becquerel, Curie, Branly, Röntgen... Il présenta de nombreuses notes à l'Académie des Sciences ainsi que les radiographies dont il fut le premier expérimentateur. En 1897, il se passionna pour la Télégraphie Sans Fil et la Maison E. Ducretet devint rapidement pionnière dans ce domaine. Il s'occupa de la construction d'appareils scientifiques aussi bien pour la recherche, l'enseignement que l'industrie. Malade, il laissa, en 1908, la direction à son fils Fernand qui, gravement atteint par les rayons X, cessa ses activités en 1918.

- 16 Sphéromètre (E. Ducretet et Cie, Paris)
- 53 Stéréomètre de Say (Ducretet et Cie, rue des Ursulines, 21, à Paris)
- 135 Appareil de Ritchie (E. Ducretet à Paris)
- 136 Appareil de Tyndall (E. Ducretet et Cie, Paris)
- 144 Photomètre de Foucault (E. Ducretet et Cie à Paris, N°580)
- 161 Spectroscope à main (E. Ducretet et Cie à Paris)
- 242 Table d'Ampère modifiée Bertin (E. Ducretet et Cie)
- 245 Appareil de Jamin (rotation des courants) (E. Ducretet et Cie à Paris)
- 257 Roue de Barlow (E. Ducretet et Cie)
- 262 Bobine d'induction (E. Ducretet à Paris)
- 280 Récepteur Morse (E. Ducretet, Paris)
- 285 Transformateur de Tesla (E. Ducretet, Paris, rue Claude Bernard, 75)
- 286 Appareil de Wertheim (son produit dans une tige de métal) (E. Ducretet et Cie à Paris)
- 287 Poste récepteur de téléphonie sans fil Ducretet (Ducretet à Paris)
- 292 Convertisseur Ducretet triphasé (E. Ducretet, Paris, rue Claude Bernard, 75)
- 293 Moteur triphasé Ducretet (E. Ducretet à Paris)

E.DUCRETET et L.LEJEUNE (...1893...)

- 49 Baromètre de Fortin (Ducretet et Lejeune, Paris)
- 56 Pompe de compression (Ducretet et Lejeune à Paris)
- 263 Bobine de Ruhmkorff (Ducretet et Lejeune à Paris, rue Claude Bernard, 75)

DUCRETET et ROGER

- 149 Prisme de Newton (Ducretet et Roger, Paris)

A. GAIFFE(1856 – 1895)

La Maison, fondée par Ladislas Adolphe Gaiffe (1832-1887), fabriquait à ses débuts toutes sortes d'appareils de physique mais c'est dans le domaine de l'électricité qu'elle fit sa réputation. En 1859, il mit au point un régulateur photoélectrique pouvant fonctionner à tous les régimes. Le succès remporté par ses appareils d'induction médicaux à piles l'entraîna à se spécialiser dans les appareils médicaux notamment ceux de radiologie mis au point peu de temps après la découverte des rayons X par Röntgen.

Il faut aussi signaler en 1873 la création des premiers ampèremètres gradués

directement en ampères. En 1895, G.Gaiffe, son fils, s'associa à M. Adbank et la Maison prit le nom de Gaiffe et Cie qui fabriqua notamment les appareils imaginés par le Professeur D'Arsonval. A la mort de Adbank G.Gaiffe travailla sous la raison sociale «G.Gaiffe constructeur, Paris».

263 Bobine de Ruhmkorff (A. Gaiffe)

RUDOLPH KÖENIG (1858 -1901)

Karl-Rudolph Koenig (1832- 1901) fut l'élève de Helmholtz alors que celui-ci n'avait pas commencé ses recherches sur l'acoustique, puis, de 1851 à 1858, de Vuillaume, un des meilleurs luthiers de l'époque. Il créa pratiquement tous les instruments de l'acoustique classique et notamment ceux qu'utilisa Helmholtz pour ses recherches en acoustique notamment dans la période de 1858 à 1863. Ses instruments étaient parmi les meilleurs tant il avait le souci de la perfection.

- 73 Diapasons sur boîte de résonance** (Rudolph Koenig Paris)
- 76 Modèle d'embouchure de flûte** (Rudolph Koenig à Paris)
- 78 Tuyaux pour l'étude de l'influence des parois** (Rudolph Koenig)

G.LAKHOVSKY (fin XIXème - début XXème)

Georges Lakhovsky (1869-1942), biophysicien d'origine russe, de nationalité française fut un pionnier de l'utilisation des ondes électromagnétiques haute fréquence à visée thérapeutique.

288 Téléphone haut-parleur (G.Lakhovsky, N°434A, breveté SGDG)

LANCELOT (1871 – 1901)

J. Lancelot, fabriqua exclusivement des instruments et appareils acoustiques à partir de 1871. Rudolph Koenig a produit les siens de 1858 à 1901. Un problème reste à résoudre, celui du lien entre les deux hommes car il semble que les appareils construits par Lancelot étaient très largement inspirés de ceux de Koenig qui d'ailleurs, d'une manière générale, se plaignait des copies et souvent mauvaises copies de ses instruments.

- 68 Appareil pour montrer la transmission des sons à travers les liquides** (J.Lancelot, Paris)
- 76 Modèle d'embouchure de flûte** (Lancelot, Paris)
- 82 Flammes manométriques de Koenig** (Lancelot, Paris)
- 87 Tube bifurqué de Hopkins** (Lancelot, 70 avenue du Maine, constructeur, Paris)
- 92 Tuyaux sonores avec trou à glissière** (Lancelot, Paris)
- 93 Ensemble tuyaux sonores** (Lancelot, Paris)

LAURENT (1872 -1892)

Léon Laurent (1840-1909) succéda en 1872 à son oncle Henri Soleil et céda son entreprise en 1892 à Amédée Jobin.

181 Polaire de Laurent (Laurent successeur de Soleil, rue de l'Odéon,35, à Paris)

LECOMTE (vers 1850 ?)

François Lecomte dit «Ingénieur mathématicien, fabricant d'instruments

de physique, chimie, optique et mathématiques, fournisseur de plusieurs facultés et collèges royaux...»

- 19 Balance de précision** (Lecomte à Paris, rue St Dominique d'Enfer, N°20)
- 48 Baromètre à cuvette** (Lecomte, rue St Dominique d'Enfer, N°20 à Paris)
- 121 Hygromètre de Saussure** («hygromètre selon Saussure», Lecomte, rue St Dominique d'Enfer, N°20, Paris)
- 133 Miroirs conjugués ou miroirs ardents** (Lecomte à Paris)

Victor LEFEBVRE (XIXème)

- 149 Prisme de Newton** (Victor Lefebvre, 70 avenue du Maine, Paris)
- 155 Goniomètre de Babinet** (V^{tor} Lefebvre à Paris)

LEREBOURS ET SECRÉTAN (1845 – 1855)

Noël-Marie Paymal Lerebours(1784-1873) travailla vers 1820, avec son père Noël-Jean Lerebours (1761-1840) et prit sa succession en 1840. En 1845, il s'associa à Marc Secrétan (1804-1867), professeur d'astronomie à Lausanne sous la dénomination «Lerebours et Secrétan».

- 74 & 75 Sonomètre différentiel de Marloye** (Lerebours et Secrétan)
- 94 Tuyaux sonores** (Lerebours et Secrétan à Paris)

SECRÉTAN (1855 – 1867)

Marc Secrétan (1804-1867) devint le seul propriétaire de la Maison «Lerebours et Secrétan» en 1855.

- 24 Presse hydraulique** (Secrétan à Paris)
- 83 Plaques vibrantes pour figures de Chladni** (Secrétan, Paris)
- 148 Appareil de Silbermann** (Secrétan à Paris)
- 255 Bobine double de Faraday** (Secrétan, Paris)

SECRÉTAN (1867- 1874)

Auguste Secrétan (1833-1874), fils de Marc Secrétan, reprit l'affaire à la mort de ce dernier en 1867,avec le qualificatif «opticien de S.M. l'Empereur» et ce, jusqu'à sa mort en 1874.

- 50 Tube de Mariotte** (Secrétan, Opticien de S.M. l'Empereur à Paris)

MAËLZEL (1816 - 1838)

Johann Nepomuk Maëzzel (1772-1838), ingénieur autrichien, déposa en 1816 un brevet pour le métronome dont le principe est dû à Winkel. Il imagina pour Beethoven divers systèmes acoustiques dont le «panharmonicon» qui était un orchestre mécanique géant, actionné à l'air comprimé, composé de flûtes, trompettes, percussions, cymbales, triangles, violons, violoncelles et clarinettes et pour lequel Beethoven écrivit «La Victoire de Wellington».

- 66 Métronome** (Maëzzel)

A. MARLOYE (1840 - 1858)

Albert Marloye (1795-1874) fabriqua essentiellement des instruments acoustiques. Il fut l'assistant du physicien Félix Savart qui avait mené plusieurs recherches en acoustique. La société Secrétan reprit son entreprise en 1855.

- 95 Tuyaux sonores** (Marloye et Cie à Paris)

MORLOT-MAUNY (fin XIX^{ème})**263 Bobine de Ruhmkorff** (Morlot-Mauny, Paris)**G.OBERHAUSER et E.HARTNACK (1854 -1864)**

Edmond Hartnack (né en 1826), s'associa avec son oncle Georges Oberhauser en 1854 et pris sa succession en 1864 sous la dénomination «E.Hartnack et Cie». La Maison sera reprise par Nachet en 1898.

163 Microscope composé (G.Oberhauser et E.Hartnack, breveté SGDG)**PIFRE (vers 1880)**

Abel Pifre (1852-1928), ingénieur français était l'assistant d'Augustin Mouchot qui mis au point le premier four solaire.

134 Moteur solaire d'Augustin Mouchot (appareil solaire Mouchot, Abel Pifre, ingénieur constructeur, Paris, 24, rue d'Assas)**RADIGUET et MASSIOT (1805 – 1930 ?)**

La Maison Radiguet et Massiot succède à la Maison Molteni fondée en 1782 et la Maison Radiguet fondée en 1805.

La Maison Molteni s'est rendue célèbre par la réalisation d'appareils de projections lumineuses pour l'enseignement des sciences et par sa collection de diapositives sur verre qui sera poursuivie par la Maison Radiguet et Massiot. La Maison Radiguet s'était spécialisée dans les verres d'optique de précision. En 1872, M.A. Radiguet réalisa des modèles réduits de machines électriques et mécaniques destinés à l'enseignement professionnel.

À la découverte des rayons X par Röntgen, la Maison construisit du matériel pour les laboratoires de Radiologie, notamment les fameuses bobines d'induction.

La Maison, devenue Radiguet et Massiot, y ajouta de nombreux appareils de précision dans tous les domaines.

En 1910, sous la dénomination commerciale Massiot et Cie, la Maison s'établit à Courbevoie et cessa d'exister pendant la première guerre mondiale.

Dans un catalogue de 1930, on la retrouve sous le nom de G.Massiot, constructeur d'instruments scientifiques, fournisseur du Ministère de l'Instruction Publique.

259 & 260 Appareil de Chassigny (Radiguet et Massiot, constructeurs Paris, 13 et 15 Bd des Filles du Calvaire, Paris)**290 Commutatrice Radiguet** (commutatrice Radiguet et Massiot constructeurs)**RICHER (1862 -1879)**

Cette Maison a été fondée en 1780 par Jean François Richer, auquel succéda de père en fils Émile Richer. Cette Maison s'occupait des instruments de nivellement, arpentage, topographie, appareils de mesure.

183 Alidade à lunette (Richer à Paris)**RUHMKORFF (1839-1877)**

Heinrich-Daniel Ruhmkorff (1803-1877), d'origine allemande, termina, en 1821, son apprentissage de mécanicien. Ensuite il se perfectionna en travaillant dans divers ateliers parisiens notamment dans celui de Charles

Chevalier. En 1839, il s'installa à son compte. En 1844, il reçut une médaille d'argent pour le perfectionnement du thermo-multiplicateur de Melloni, de même, en 1849, pour la construction des appareils de Faraday pour l'étude de la polarisation par le magnétisme et le diamagnétisme.

Il construisit de nombreux instruments électromagnétiques comme, en 1851, la célèbre bobine d'induction imaginée par Masson et Bréguet. Il reçut, en 1858, le Grand Prix Volta, encore jamais attribué. En 1877, à sa mort, Jules Carpentier reprit l'atelier.

270 Machine de Clarke (Ruhmkorff, Paris)**J. SALLERON (1855 – 1888)**

La Maison fondée en 1855 par Jules Salleron (1829-1897) aura pour successeur A. Demichel. Son catalogue comprenait de nombreux instruments dans trois domaines : cabinets de physique et laboratoires de chimie pour l'enseignement – laboratoires de mesures et d'analyses – instruments de météorologie et de marine.

40 Alcomètre de Gay-Lussac (J.Salleron à Paris)**SECRETAN (voir LEREBOURS ET SECRETAN)****SOLEIL Père (1819 – 1849)**

La Maison fondée en 1819 par Jean Baptiste Soleil (1798-1878) fut reprise, en 1849, par son gendre Jules Duboscq (1817-1886). En 1883, Philippe Pellin (1847-1923) codirigea les ateliers avec Jules Duboscq) jusqu'au décès de ce dernier et en assumant seul la direction jusqu'en 1900, par la suite il s'associa avec son fils Félix Pellin (1877-1940). Avec cette Maison on est en présence d'un des plus grands constructeurs dont les qualités exceptionnelles furent mises au service des plus illustres savants comme Arago, Fresnel, Régnault, Babinet, Foucault, Delezenne... La Société Française de Physique considérait ses catalogues de matériels comme de véritables manuels de physique pratique. Les sommaires indiquent les spécialités de la Maison : Sources lumineuses – Appareils de projection – Photométrie – Interférences, Diffraction –Polarisation, double Réfraction – Réflexion, Réfraction, Vision – Spectroscopie – Appareils de Mesure – Polarimétrie, Saccharimétrie, Colorimétrie – Acoustique en Projection – Météorologie.

17 Machine à diviser (Soleil, rue de l'Odéon à Paris)**145 Kaleidoscope** (Soleil, rue de l'Odéon)**152 Polyprisme à liquides** (Soleil, rue de l'Odéon)**154 Système de deux prismes achromatique** (Soleil, rue de l'Odéon à Paris)**163 Microscope composé** (Soleil, rue de l'Odéon)**164 Microscope solaire** (Soleil opticien, rue de l'Odéon, 35, à Paris)**165 Lunette astronomique et terrestre** (Soleil, rue de l'Odéon, 35, à Paris)**174 Appareil de Hooke** (Soleil, rue de l'Odéon)**176 Appareil de Norremberg** (Soleil opticien, rue de l'Odéon, 35, à Paris)**177 Appareil de flexion du verre** (Soleil, rue de l'Odéon)**178 Appareil de compression du verre** (Soleil, rue de l'Odéon)**DUBOSCQ et SOLEIL (1849 – 1878)**

J. et A.DUBOSCQ (1879 – 1880)

- 142** Lumière Drummond (N°553 J. et A.Duboscq à Paris)
167 Appareil de Jules Duboscq à projection verticale (J. et A.Duboscq)
247 Galvanomètre ou multiplicateur de Nobili (J. et A.Duboscq à Paris N°41)

J.DUBOSCQ (1880- 1883)

- 151** Prisme à angle variable (J.Duboscq à Paris)
157 Lentilles (J.Duboscq à Paris)
161 Prisme à vision directe d'Amici (J.Duboscq à Paris)
180 Appareil Duboscq pour projection des effets optiques cristallins (J.Duboscq, Paris)
274 Régulateur de Duboscq (J.Duboscq à Paris)

J.DUBOSCQ et PH.PELLIN (1883 – 1886)**Maison Jules DUBOSCQ****Ph. PELLIN (1886 - 1900)****Maison Jules DUBOSCQ Ph. et F .PELLIN (1900 – 1911)****SOLOMON (vers 1890 ?)**

J. Solomon était un des premiers marchands de matériel photographique installé Red Lion Square à Londres.

- 143** Lampe à ruban de magnésium («magnesium lamp» J.Solomon N°994, 22, Red Lion square, London, breveté sgdg)

C.VERICK (1877 -1882)

Constant Vérick, apprenti d'Edmond Hartnack, le neveu de Georges Oberhauser, reprit l'atelier de Depenne spécialisé dans la fabrication de microscopes. En 1882, il associa son chef d'atelier et gendre, Maurice Stiassnié qui poursuivit les activités de la Maison de 1882 à 1901.

- 163** Microscope composé (C.Verick, rue de la parcheminerie, 2, Paris)

BIBLIOGRAPHIE

L'industrie française des instruments de précision, Catalogue publié par le Syndicat des Constructeurs en Instruments d'Optique et de Précision, Paris, 1901-1902.

L. BARBO, D. BEAUDOIN, M. LAGUËS, *L'expérience retrouvée*, Paris, Belin, 2005.

D. BEAUDOIN, *Charles Beaudoin : une histoire d'instruments scientifiques*, Les Ulis, EDP sciences, 2005.

M. DAUMAS, *les instruments scientifiques au XVIIème et XVIIIème siècles*, Paris, 1953.

F. MARCELIN, *Dictionnaire des fabricants français d'instruments de mesure du XVème au XIXème siècle*, Galerie Franck Marcelin, Aix-en-Provence, 2004.

A. TURNER, *Après Gassendi, Digne-les-Bains, Musée Gassendi*, 2006.

Francis GIRES





Le lycée Guez de Balzac : quelques repères historiques d'hier à aujourd'hui.

Un patrimoine scientifique vivant

On ne peut évoquer l'histoire des instruments de physique de la collection du lycée Guez de Balzac sans s'intéresser à l'histoire du lycée lui-même, à l'enseignement de la physique et à son évolution.

Dès la Renaissance, François 1^{er} établit en 1516 une Université à Angoulême et un collège s'installe en 1541 dans les bâtiments situés en face de l'évêché. En dépit des troubles liés aux guerres de religion, l'école s'organise et s'agrandit. Il n'y a cependant que des classes allant de la 6^e à la fin de la 3^e : le latin est la matière privilégiée et les sciences sont négligées.

C'est pendant cette période que Jean-Louis Guez de Balzac, écrivain et principal artisan de la rénovation de la prose française, fut élève de l'établissement qui porte son nom depuis 1962.

Le collège, appelé «collège Saint-Louis» passe sous la direction des Jésuites de 1622 jusqu'à la dissolution de leur ordre en 1762. Un enseignement complet est alors proposé de la 6^e à la deuxième année de philosophie (dite classe de physique) où les sciences sont étudiées pendant deux mois, mais il n'y a «pas de machines pour les expériences ni de maîtres pour les tenter».

«Vers le milieu du XVIII^{ème} siècle, on se procure quelques instruments : une machine électrique et une machine pneumatique fabriquée à Paris en 1749. Le matériel de la cosmographie se compose de deux sphères, l'une céleste, l'autre terrestre, composées en 1599 par le Hollandais Guillaume Janssen». Mais des idées nouvelles apparaissent, tandis que le goût pour un enseignement indépendant se développe.

Avec le départ des Jésuites en 1762, le collège entre en décadence. Son enseignement est réduit à la langue latine ; la physique disparaît. Le nombre d'élèves diminue passant de 150 élèves en 1765 à une vingtaine en 1789. Ainsi, malgré Descartes ou Newton, malgré la diffusion dans les salons de la physique expérimentale de l'Abbé Nollet, on ne constate pas d'enseignement de la physique dans les classes à la veille de la révolution française. Angoulême est alors capitale d'une province de 270.000 habitants qui ne compte guère qu'une trentaine d'élèves soumis à l'autorité des «Humanités» et de la scolastique d'Aristote.

Il faut véritablement attendre les effets de la Révolution française et de la loi Lakanal de 1795 pour voir apparaître les prémices

d'une éducation aux sciences physiques. Cette loi précise la création d'une école centrale, sans tendance confessionnelle, pour 300.000 habitants, laquelle doit offrir un enseignement scientifique entre 14 et 16 ans et pour ce faire doit aboutir à la création d'un cabinet de physique et de chimie. Celui d'Angoulême est ainsi fondé et se dote d'un matériel d'une valeur de 556 F, soit 20 fois moins que la valeur de la bibliothèque à la même époque, mais marque le début d'une grande collection. À Angoulême, l'école s'installe à partir de 1799 dans l'ancienne abbaye de Beaulieu située à l'extrémité d'un promontoire dominant la vallée de la Charente. Les écoles centrales occupaient effectivement souvent des édifices anciens et vétustes, faute d'argent pour les construire ou les entretenir.

Ces écoles vont être critiquées, notamment par la place qu'y tenait l'enseignement scientifique. Elles sont fermées par le Consulat et remplacées par un petit nombre de lycées. Angoulême attendra le sien jusqu'en 1840. Cependant, la ville se dote d'une école secondaire, attirant les enfants de la bourgeoisie locale, plutôt dirigés vers les études dites «classiques», véritable pôle d'excellence de l'éducation de l'époque. Les mathématiques et les sciences physiques de leur côté se développent dans les écoles primaires supérieures, remplaçant souvent les langues anciennes, pour des élèves issus de la bourgeoisie moyenne, catégorie sociale qui s'accroît à l'âge naissant de la révolution industrielle. On peut d'ailleurs s'étonner, alors que se multiplient les innovations et les mutations techniques, de voir le faible poids des disciplines scientifiques dans l'enseignement. Une note d'un inspecteur général visitant l'école secondaire d'Angoulême indique que les instruments de physique sont dans un tel dénuement qu'il faudrait 10.000 F pour les remettre en état. On sait qu'entre 1824 et 1826, le cabinet de physique s'est enrichi de machines électriques et pneumatiques, d'un graphomètre à lunette et d'un baromètre à robinet pour appuyer la démonstration d'un professeur dont la démarche pédagogique est encore magistrale.

En 1840, la réputation de l'école est telle qu'elle devient collège royal. On décide la construction d'un nouvel établissement dont les travaux seront dirigés par l'architecte Paul Abadie. L'école devient lycée en 1848 puis lycée impérial en 1852. Les cours de sciences vont se donner au premier étage et nous savons par des comptes de 1894 que le cabinet de physique et de sciences naturelles possède à cette date une collection d'une valeur supérieure à la bibliothèque !

En 1902, Georges Leygues instaure un enseignement secondaire double (scientifique et littéraire) : les sciences concurrencent en prestige les disciplines dites «classiques», concurrence toujours active aujourd'hui, bien que le lycée possède désormais plus de classes à dominante scientifique que littéraire dans le cycle terminal, et que se sont ouvertes des classes préparatoires scientifiques aussi bien que littéraires.

En 1925, des recommandations officielles aux professeurs de physique indiquent de ne pas faire intervenir dans la réflexion de l'enseignement des préoccupations historiques : s'il faut lire les pages les plus significatives de l'œuvre des plus grands savants, il convient de réserver aux travaux pratiques l'espace et du temps nécessaires. Cela pourrait-il signifier la disparition d'une collection d'objets aussi longuement et patiemment rassemblée ? Quelques 80 ans plus tard, ces objets sont toujours visibles dans l'établissement : il est indispensable de créer pour eux un lieu d'exposition. En effet, ils servent à la démonstration des lois physiques autant qu'à construire une mémoire de l'enseignement scientifique et occupent avec les collections de sciences naturelles une place tout à fait à part dans le lycée.

Les instruments de physique que présente le catalogue, retiennent particulièrement notre attention : au nombre de 350 – la plupart ont été fabriqués au XIX^{ème} siècle, certains paraissent plus anciens – ils ont été acquis et conservés par des enseignants remarquables et passionnés ; composés de matériaux nobles comme le bois, le verre, le cuivre et le laiton, ils s'imposent aux regards par la pureté de leurs lignes. Et s'ils nous émeuvent par leur beauté, ils ne constituent cependant pas de simples objets auxquels seules leur rareté et leur ancienneté confèreraient de la valeur. Ils sont pour nous un témoignage direct, à la fois palpable et mystérieux : par la magie de leur présence, ils nous poussent à observer, à toucher, à comprendre. C'est peut-être là la source de l'intérêt que leur portent les élèves et du plaisir qu'ils éprouvent à les faire fonctionner.

Ainsi le patrimoine du lycée est le support de nombreuses activités pédagogiques : un club «Arts et Sciences» fonctionne depuis 1994, un atelier scientifique «Archimède» a été créé depuis 2002-2003, des classes à projets ont vu le jour. Les objectifs ont été de protéger les collections scientifiques du lycée et de les faire vivre. Les professeurs et leurs élèves ont été encouragés par de nombreux prix régionaux, nationaux, internationaux, et par des aides du conseil régional Poitou-Charentes : financement d'une salle de collections d'histoire naturelle climatisée, achat du matériel pour un atelier vidéo numérique, soutien de projets innovants, création d'un emploi contractuel d'animatrice pour gérer ce patrimoine et en assurer le rayonnement culturel.

La science au lycée est bien vivante : les initiatives patrimoniales en sont un témoignage.

Par la fréquentation de l'héritage que nous avons la chance de posséder, précieusement conservé et mis en valeur par le personnel, par l'actualité des projets mis en œuvre, le goût de la recherche qu'ils développent, l'aventure se poursuit : le catalogue, réalisé et édité par l'ASEISTE sous la direction de Francis Gires, mis à la disposition du public, permettra de découvrir certains des trésors collectés en chemin, le génie créateur de ceux qui ont construit ces drôles d'objets et de machines, étonnamment modernes.

Michèle GRAGNOLA

Proviseure du lycée Guez de Balzac d'Angoulême

BIBLIOGRAPHIE

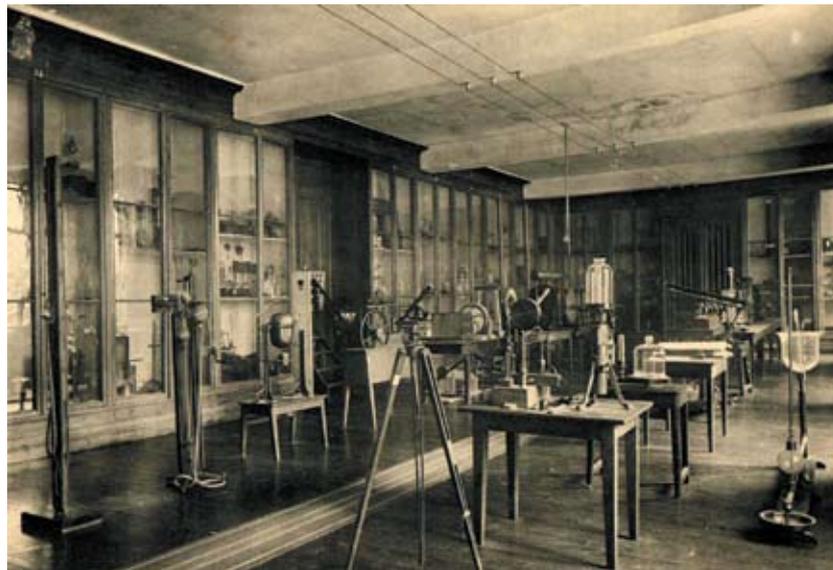
P. POISSONADE, *Histoire du collège et du Lycée d'Angoulême*, 1895.

A. GÉRAULT, *Histoire du lycée Guez de Balzac des origines à 1978*, dans *Notre centenaire*, revue de l'Association des anciens élèves de Guez de Balzac, 1985.

C. MORILLON, *Quelques repères pour servir à l'histoire du Lycée Guez de Balzac*, 1985

Mon Bahut, Revue de l'Association des anciens élèves de Guez de Balzac, Bibliographie pour servir à l'histoire du Lycée Guez de Balzac, 1993.

**Vue du cabinet de physique
du lycée Guez de Balzac à Angoulême.**
ca. 1895, (coll. particulière)



Professeurs de sciences physiques du lycée Guez de Balzac

ÉCOLE CENTRALE

1797-1804

LETOURNEAU Guillaume Roch An V (1797) – An VI (1798)

Ecclésiastique.

Fils d'un ancien maître de pension et régent du collège, ordonné prêtre en 1764 à l'église Saint-Paul, avait enseigné le latin dans une pension de Poitiers, puis la philosophie au collège de Saintes.

Nommé vicaire général et supérieur du séminaire d'Angoulême par l'évêque constitutionnel Joubert.

Successivement professeur de physique et de mathématique, il devint l'un des maîtres les plus estimés de l'École, l'un de ceux dont «les cours furent les plus fréquentés».

An IX (1801) – An XII (1804)

JOBIT

Ecclésiastique.

Désigné en l'an IX, avait autrefois professé la troisième au collège de Saintes.

COLLÈGE ROYAL

1840-1843

ARCHAMBAULT

Professeur collège royal d'Angoulême 1840-1843 (1^{ère} Chaire)

1843- 1846

DE TASTE François Guillaume

Décédé en 1886

ENS 1840

Agrégé de sciences physiques et naturelles 1843

Professeur collège royal d'Angoulême 1843-1846 (1^{ère} Chaire)

Professeur au collège de Périgueux 1847

Professeur Lycée de Tours

1846-1847

FORTHOMME Pierre Camille

Né à Fougères en 1821 - Décédé 1884

ENS 1843

Agrégé de sciences physiques et naturelles 1846

Thèse ès sciences physiques à Nancy 1860

Professeur collège royal d'Angoulême 1846-1847 (1^{ère} Chaire)

Professeur de chimie à la faculté de Nancy 1869

Fondateur de la Ligue de l'enseignement

1847-1848

SEGUIN Jean-Marie

Né à Carpentras en 1823 - Décédé 1911

ENS 1843

Agrégé de sciences physiques et naturelle 1847

Thèse ès sciences physiques à Paris 1852

Professeur collège royal d'Angoulême 1847-1848 (1^{ère} Chaire)

Professeur faculté de sciences de Grenoble

Recteur de l'académie de Caen

LYCÉE

1848-1851

LABRESSON

Professeur lycée d'Angoulême 1848-1851 (1^{ère} Chaire)

1851-1855

TROOST Louis Joseph

Né à Paris en 1825

ENS 1848

Agrégé de sciences physiques et naturelles 1851

Thèse ès sciences physiques à Paris 1857

Professeur lycée d'Angoulême 1851-1855 (1^{ère} Chaire)

Professeur de chimie lycée Bonaparte à Paris
 Maître de conférences à l'École normale
 Professeur de chimie à la faculté de Paris 1874
 Membre de l'Académie des sciences 1884
 Président de la Compagnie parisienne du gaz
 Auteur des ouvrages suivants : «*Recherches sur le lithium et ses composés*» 1857,
 «*Un laboratoire de chimie au XVIII^{ème} siècle*» 1866, «*Traité élémentaire de chimie*», Paris, Masson et Cie, 1892. Il s'est fait connaître surtout par ses recherches sur les densités de vapeur et les hydrures métalliques.

1853

DACY

*Enseignement spécial et moderne physique***Professeur lycée d'Angoulême 1853****1854-1856**

BEAUDEMENT

Professeur lycée d'Angoulême 1854-1856**1854-1881**

DESCHAMP

Professeur lycée d'Angoulême 1854- 1881**1855-1856**

FEUILLEE

Professeur lycée d'Angoulême 1855-1856**1856-1863**

PÉCOUT Léonard

*Décédé 1885**ENS 1846**Agrégation de sciences 1854***Professeur lycée d'Angoulême 1856-1863**

Inspecteur d'académie à Agen

1857

REINBOLD

*Enseignement spécial et moderne physique 1856***Professeur lycée d'Angoulême 1857****1858-1859**

HÉBERT

*Enseignement spécial et moderne en physique 1857***Professeur lycée d'Angoulême 1858-1859****1860-1862**

LEVISTAL Alfred

*Né à Paris en 1838 - Décédé 1874***ENS 1856***Agrégé de sciences physiques et naturelles 1859**Thèse ès sciences mathématiques à Paris 1866**(recherche d'optique géométrique)***Professeur lycée d'Angoulême 1860-1862**

Sous-directeur du lycée Galatasaray (Istanbul)

1865-1872

FOURTEAU Ernest

*né le 6 janvier 1840 à Périgueux**Décédé 1915**OA janvier 1872**Chevalier de la Légion d'Honneur 1894**ENS 1859 - Agrégé de sciences physiques et naturelles 1862*

Chargé de cours lycée d'Amiens 1862

Chargé de cours lycée d'Angoulême 1863-1865

Professeur lycée de Périgueux 1865-1872

Professeur lycée d'Angoulême 1872-1879

Censeur lycée de Caen puis Douai 1879

Proviseur du lycée Fontanes de Niort 1880

Chef de bureau au ministère puis chargé d'une mission d'inspection générale

de l'enseignement primaire janvier-septembre 1882

Professeur au collège Rollin 1882

Professeur au lycée Janson de Sailly 1884

Proviseur du lycée de Saint-Etienne 1885

Proviseur du lycée d'Amiens 1887

Censeur au lycée Buffon 1889

Proviseur du lycée Janson de Sailly 1891

1864-1872

MARÉCHAL François

*Décédé 1885**ENS 1852**Agrégé de sciences physiques et naturelles 1859***Professeur lycée d'Angoulême 1864-1872**

Professeur lycée Condorcet

1865

CHARRANET

Professeur lycée d'Angoulême 1865 (2^{ème} Chaire)

BOISSEL

Professeur lycée d'Angoulême 1865**1866**

CHARAULT

Professeur lycée d'Angoulême 1866

1867

GORCEIX Henri

*Décédé 1919**ENS 1863**Agrégé de sciences physiques et naturelles 1866***Professeur lycée d'Angoulême 1867**

Fondateur-directeur de l'école des mines d'Ouro Preto (Brésil)

1867-1876

FRAÏCHE Pierre Émile Jean François

*Né le 7 mai 1821 à Clermont Ferrand**OI janvier 1875**Bachelier ès lettres et ès sciences**Licencié ès sciences mathématiques*

Régent mathématiques collège de Moissac 1839

Directeur école Paoli à Corté (Corse) 1847

Principal collège Bédarieux 1853

Régent mathématiques collège de Toulon 1855

Régent physique collège de Thiers 1857

Chargé cours de physique lycée de Colmar 1861

Chargé cours de physique lycée de Tours 1866

Chargé cours de physique lycée d'Angoulême 1867-1871 (2^{ème} chaire)**Chargé cours de physique lycée d'Angoulême 1871- 1877** (1^{ère} Chaire)

Membre de la commission départementale des météorologies

1868-1869

DUTREILH

Professeur lycée d'Angoulême 1868-1869**1870-1872**

BION

Professeur lycée d'Angoulême 1870-1872

suppléé en 1872 par DELAHAYE

1876-1891

WARISSE

*OA en 1889***Professeur lycée d'Angoulême 1876-1891****1877-1890**

JEUNET

*OI en 1889***Professeur lycée d'Angoulême 1877-1890****1879-1880**

CLAVERIE Claude Charles

*Né le 7 novembre 1848 à Autun**OI décembre 1888 - LH juillet 1903**Licencié ès sciences mathématiques et physiques**Agrégé de physique*

Répétiteur lycée Clermont Ferrand 1869

Élève École Normale Supérieure 1869

Professeur mathématiques collège de Sarlat 1871

Chargé de cours physique lycée de Pau 1874

Professeur physique lycée de Pau 1876

Professeur lycée d'Angoulême 1879-1881

Professeur lycée de Bordeaux 1881

Censeur lycée Condorcet 1887

1881

DYBOWSKI Alexandre Antoine

*Né en 1850**ENS 1872 - OI juillet 1893**Agrégé de sciences physiques et naturelles 1875*

Professeur lycée d'Alger 1875

Professeur École polytechnique du Japon 1877

Professeur lycée de Montpellier 1880

Professeur lycée d'Angoulême 1881-1882

Professeur lycée de Marseille 1882

Professeur Louis-le-Grand

1881

LEYMARIE

*Enseignement spécial et moderne physique**OI juillet 1900***Professeur lycée d'Angoulême 1881**

Professeur lycée d'Evreux vers 1902

1882-1899

LEBARD Pierre Paul

*Né le 2 juin 1855 à Saint-Jean des Ollières (Puy de Dôme) - Décédé 31 mars 1899**ENS 1876**Agrégé de sciences physiques et naturelles 1879*

Aspirant répétiteur lycée de Rennes 1876

Professeur lycée d'Angers 1878

Professeur lycée d'Angoulême 1882-1899**1882-1884**

PICHARD

*Enseignement spécial et moderne physique 1881**OA juillet 1900***Professeur lycée d'Angoulême 1882-1884**

Professeur lycée d'Alais vers 1902

1885-1889

PILLOT

Enseignement spécial et moderne physique 1884

OA juillet 1898

Professeur lycée d'Angoulême 1885-1889

Professeur lycée de Charleville vers 1902

1890-1915

FÈVRE Émile

Né le 12 février 1853 à Asquins (Yonne)

Agrégé d'enseignement spécial sciences physiques et naturelles 1887

OA juillet 1894

Instituteur adjoint à Auxerre 1873

Maître des cours primaires collège Auxerre 1873

Aspirant répétiteur lycée de Dijon 1877

Maître auxiliaire lycée de Dijon 1877

Boursier de licence à Dijon 1880

Boursier d'agrégation à Dijon 1881

Chargé de cours de physique lycée de Chaumont 1882

Boursier d'agrégation à Paris 1882

Professeur de physique collège d'Etampes 1884

Chargé de cours de physique lycée de Charleville 1885

Professeur d'enseignement spécial de physique lycée de Rochefort 1887

Professeur d'enseignement spécial de physique Limoges 1888

Professeur d'enseignement spécial de physique Angoulême 1889-1915

1899-1907

ROUBAULT Louis Henri

Né le 12 septembre 1873 à Grandpuits (Seine et Marne)

Agrégé de physique 1898

Professeur à titre provisoire lycée d'Angoulême 1899

Professeur lycée Lakanal (a remplacé Lebard Pierre décédé)

1907-1910

PESSEMESSÉ Pierre

Né le 30 juillet 1863 à Ste Florian (Haute-Loire)

OA 14 juillet 1899 - OI 1908

Certificats d'études supérieurs physique chimie minéralogie géologie Poitiers 1896-1899

Chargé de cours lycée de Coutances vers 1902

Professeur à titre provisoire de physique lycée d'Angoulême 1907

Inspecteur d'académie de l'Ariège

1911-1918

BOULIN Charles Louis Albert

Né le 23 février 1881 à Bissières (Calvados)

Agrégé de physique 1910

Élève à l'école normale de Saint-Cloud 1902

Professeur d'école primaire supérieure 1904

Maître école normale d'Auteuil

Professeur de physique lycée d'Angoulême 1911-1918

1916-1918

MÉRIGNAC

Professeur suppléant

1916-1927

COGNET Jean Alfred

Né le 11 juillet 1864 à Vindelle (Charente)

OA juillet 1903 - OI juillet 1908

Licencié ès sciences mathématiques 1888

Licencié ès sciences physiques 1889

Répétiteur lycée d'Orléans 1884

Répétiteur lycée de Bordeaux 1886

Chargé de cours collège de Bergerac 1896

Chargé de cours lycée de Niort 1907

Chargé de cours à Niort, a été nommé, pour la durée de la guerre, au lycée d'Angoulême en remplacement d'un professeur appelé à une autre résidence

Chargé de cours de physique lycée d'Angoulême 1916-1927

1917

Melle MELIOR

Déléguée pour l'enseignement des sciences lycée de Constantine

Déléguée pour l'enseignement des sciences lycée d'Angoulême 1917

1918

Melle DEROUET

Admissible à l'agrégation de physique

Déléguée pour l'enseignement de la physique lycée d'Angoulême 1918

1918

Melle TRIAUD

Licenciée de sciences

Déléguée au lycée d'Angoulême 1918

1919

Melle PINEDRE

Lycée d'Angoulême 1919

1919

Melle ROUSSEAU

Professeur EPJ de Pons

Professeur ordre des sciences à l'école normale d'Angoulême 1919

1919-1934

BOURDIOL Marcel

Né le 10 janvier 1893 à Mèze (Hérault)

Décédé en 1980

OA juillet 1931

ENS 1912 - Agrégé de sciences physiques 1919

Docteur ès sciences 1933

Professeur lycée d'Angoulême 1919- 1934

Professeur lycée Michel de Montaigne de Bordeaux 1934

1928-1929

GUICHARD André Charles Joseph

Né le 12 avril 1899 à Angoulême (Charentes)

Licencié ès sciences naturelles 1922

Délégué sciences naturelles lycée de Caen 1926

Délégué sciences naturelles lycée d'Amiens 1927

Délégué physique lycée d'Angoulême 1927-1929

Délégué lycée de Bourges 1929

1930

METAY André Marie

Né le 2 novembre 1893 à Poitiers

Licencié ès sciences naturelles 1922

OA juillet 1930

Elève à l'école normale de Poitiers 1911

Instituteur dans la Vienne 1912

Délégué école primaire supérieure de Chatellerault 1916

Délégué lycée de Tarbes 1919

Professeur lycée de Tarbes 1923

Professeur lycée de Coutances

Professeur lycée d'Angoulême 1930

Professeur lycée de Rochefort 1931

1931

Mme COUDERT Jane née LEBARD

Née le 10 mars 1892 à Angoulême (Charente)

Agrégée sciences (ens. féminin) 1926

Déléguée sciences lycée de Tours

Déléguée sciences lycée d'Angoulême 1931

Professeur collège jeunes filles d'Angoulême 1932

1934-1939

ROGER Max

Né le 10 novembre 1901 Le Havre (Seine Inférieure)

Agrégé de sciences physiques 1927

Professeur lycée de Chaumont 1927

Professeur lycée d'Evreux 1928

Professeur lycée de Cherbourg

Professeur lycée d'Angoulême 1934

1934-1937

MARTIN Jean

Né le 12 mars 1908 à Angoulême (Charente)

Agrégé de sciences physiques 1931

Professeur lycée du Puy 1932

Préparateur temporaire faculté des sciences de Paris 1933

Professeur sciences physiques et naturelles lycée d'Angoulême 1934-1937

Professeur lycée Voltaire à Paris 1937

1937-1938

SERRADO Antoine

Né le 3 juin 1906 à St Thibéry (Hérault)

Licencié ès sciences physiques 1930

Diplômé d'études supérieures 1932

Répétiteur collège de Thonon 1928

Répétiteur collège de la Mure 1929

Répétiteur collège d'Apt 1932

Répétiteur collège de Sisteron 1935

Répétiteur lycée Thiers à Marseille 1936

Délégué sciences physiques et naturelles lycée d'Angoulême 1937-1938

Répétiteur lycée d'Aix

1937-1939

SALVINIEN Jean

Né le 27 mai 1905 à Vicq sur Mahon (Indre)

Agrégé sciences physiques 1934

Professeur lycée de la Roche sur Yon 1934

Professeur lycée de Pau 1935

Professeur sciences physiques et naturelles lycée d'Angoulême 1937-1939

1938

BELLIER René

Né le 21 août 1907 à Remollon (Hautes Alpes)

Agrégé sciences physiques 1936

Élève de l'ENS 1927

Délégué lycée de Brest 1932

Délégué lycée de Tulle 1933

Délégué collège du Quesnoy 1934

Professeur lycée de Valenciennes 1936

Professeur lycée d'Angoulême 1938

Amandine MICHEL

animatrice culturelle lycée Guez de Balzac Angoulême

Francis GIRES

Essai de typologie

Les instruments scientifiques de ce cabinet ont été classés par disciplines :

Pesanteur, Hydrostatique, Propriétés des gaz, Acoustique, Chaleur, Optique, Magnétisme, Électricité statique, Électricité dynamique, Astronomie et par types :

didactique

Appareil conçu dans un but pédagogique pour montrer ou vérifier des lois et des principes de physique : *tube de Newton, banc de diffraction et d'interférences... ou étudier des phénomènes :* *disque de Newton, appareil de Van Hope...*

Grille de présentation : *Nom, Type, Loi ou Phénomène, Description, Expérience.*

utile

Instrument technique élaboré à partir d'un ou plusieurs principes de physique et dont l'usage s'étend à d'autres domaines que la physique : *machine de Wimshurst, régulateur de Duboscq, lunette de Rochon...*

Grille de présentation : *Nom, Type, Fonction, Description, Mode opératoire.*

utile-mesure

Appareil du type précédent servant à faire des mesures physiques : *galvanomètre de Nobili, hygromètre de Daniell, sirène de Cagniard-Latour...*

Grille de présentation : *Nom, Type, Fonction, Description, Mode opératoire.*

récréatif

Objet illustrant des principes de physique, mais conçu dans un but essentiellement ludique : *pistolet de Volta, tourniquet électrique, bécane de Nollet...*

Grille de présentation : *Nom, Type, Loi ou Phénomène, Description, Expérience.*

Répartition des instruments

par différents types :

Didactique : 38 %

Utile : 30 %

Utile-mesure : 20 %

Récréatif : 12 %

Répartition des instruments

par disciplines :

Chaleur : 11 %

Optique : 15 %

Magnétisme : 3 %

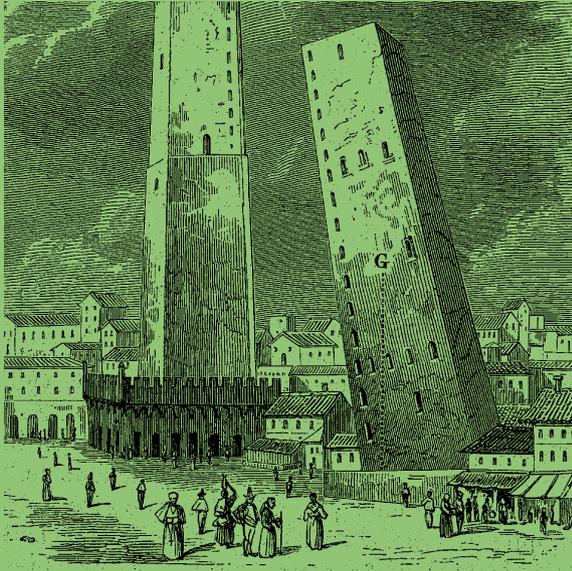
Électricité statique : 13 %

Électricité dynamique : 18 %

Astronomie : 1 %

Francis GIRES

PESANTEUR MESURES



La pesanteur a pour cause une attraction réciproque qui s'exerce entre la Terre et les corps placés en son voisinage, et agit sur tous les corps, qu'ils soient au repos ou en mouvement, solides, liquides ou gazeux. Elle se traduit par une force : le poids qui fait que les corps, dès qu'ils ne sont plus soutenus, tombent, c'est-à-dire se dirigent vers le centre de la Terre.

Newton dégage définitivement cette notion dans la théorie de la gravitation universelle en 1687. Il montre que cette propriété d'attraction réciproque de deux corps matériels est générale et qu'elle explique en particulier l'attraction des planètes par le Soleil.

On mène de nos jours de nombreuses recherches pour l'élaboration de matériaux nouveaux en état d'impesanteur ou plus précisément de microgravité car il est impossible de créer des conditions d'absence totale de pesanteur.

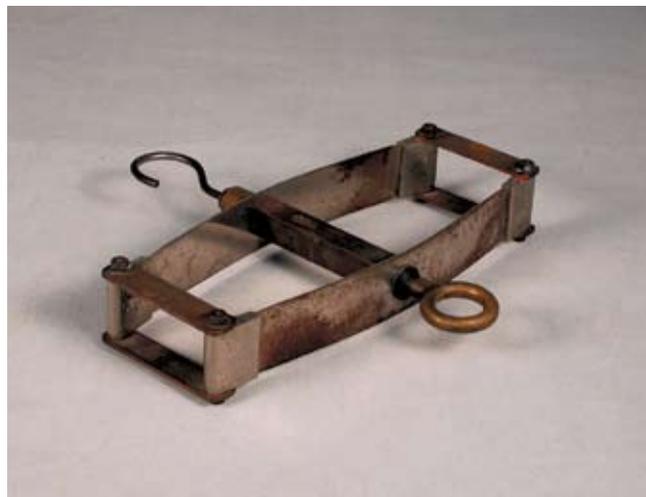
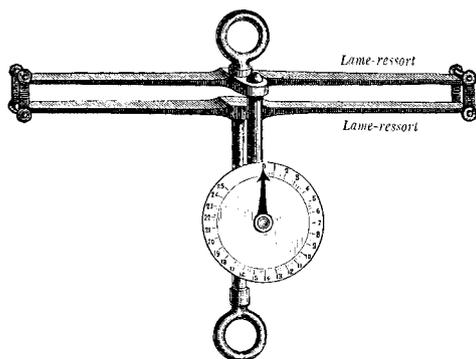
La mesure de l'intensité de la pesanteur appelée gravimétrie a de nombreuses applications dans le domaine de la prospection minière ou pétrolière, la recherche de cavités naturelles ou créées par l'homme...

1 DYNAMOMÈTRE DE PONCELET

Fonction ➤ Sert à mesurer l'intensité des forces.

Description ➤ Il se compose essentiellement de deux ressorts d'acier articulés avec deux lames courtes et rigides. Le ressort inférieur porte une crémaillère qui engrène avec un pignon denté monté sur le ressort supérieur, relié à une aiguille qui peut se déplacer devant un cadran gradué.

Mode opératoire ➤ Au repos les ressorts sont parallèles. Si on fixe, par exemple, le ressort supérieur et si on exerce une force sur l'autre, les ressorts s'incurvent en sens contraire. L'écartement de ceux-ci se traduit par une rotation du pignon qui entraîne lui-même l'aiguille sur le cadran divisé, préalablement étalonné.



H : 21 - L : 22 - L : 3

2

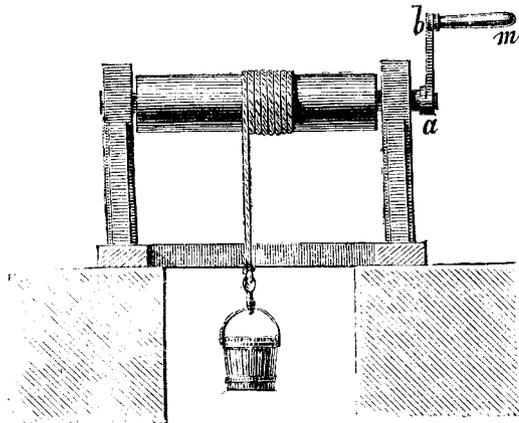
TREUIL DES PUIES

Fonction ↪ Soulever une charge en translation par un mouvement continu de rotation (exemple : remonter l'eau d'un puits).

Description ↪ Il se compose d'un cylindre en bois terminé par deux cylindres en fer plus petits, ayant le même axe, nommés «tourillons». Ces derniers reposent sur des appuis en forme de demi-cylindres appelés «coussinets». À l'un des tourillons est fixée une manivelle constituée d'un bras (ab) de 40 à 50 cm de longueur muni d'une poignée (bm) dont l'axe est parallèle à celui du treuil.

Sur certains treuils se trouve un système d'encliquetage qui évite à la charge de descendre lorsque cesse l'action exercée sur la manivelle.

Mode opératoire ↪ Il suffit d'appliquer à la manivelle un mouvement de rotation pour obtenir un mouvement de translation de la charge à soulever.



H : 37 - L : 40 - L : 21



Remarque

Si (r) désigne le rayon du treuil, (l) la longueur du bras, (P) le poids de la charge, (F) la force exercée sur la poignée de la manivelle : $F = P \times r / l$

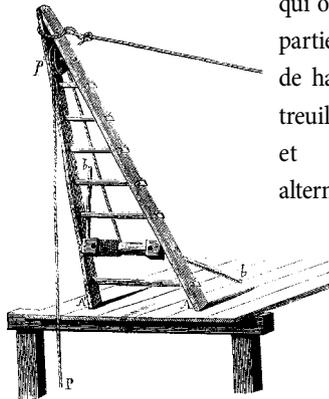
3

CHÈVRE

Fonction ➤ Élever des fardeaux.

Description ➤ Elle se compose de deux montants obliques réunis par des traverses ; à la partie supérieure se trouve une poulie (p) et à la partie inférieure est placé un treuil. La corde qui soutient le fardeau à soulever passe sur la poulie et va s'enrouler sur le treuil qu'on manœuvre avec des leviers (l) qui s'introduisent dans les têtes du treuil percées à cet effet de deux trous cylindriques se coupant à angle droit. Pour que la chèvre ne bascule pas, on la retient à l'aide d'un câble fixé d'une part à son extrémité supérieure et de l'autre à un mur, à un arbre ou alors on la soutient à l'aide d'un montant articulé avec la partie supérieure de la chèvre.

Mode opératoire ➤ Pour manœuvrer l'appareil, un ouvrier agit de haut en bas sur l'un des leviers ; quand il a fait faire un quart de tour au treuil, un autre ouvrier engage le second levier dans la tête opposée du treuil, par le trou qui occupe à ce moment-là la partie supérieure, et agissant de haut en bas, fait faire au treuil un second quart de tour ; et ainsi de suite alternativement.



H : 44 - L : 16



Remarque

Si (r) désigne le rayon du treuil, (l) la longueur du levier, (P) le poids du fardeau, (F) la force exercée par l'ouvrier : $F = P \times r/l$ (si on considère les frottements nuls).

La chèvre était employée dans les travaux de construction et dans l'artillerie pour soulever les pièces et les placer sur leurs affûts.

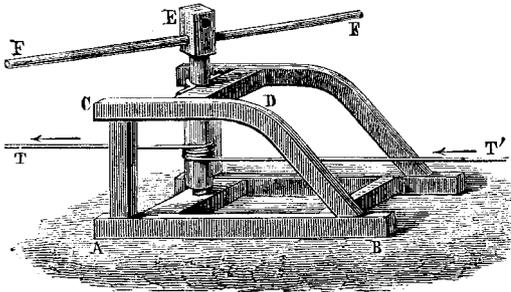
4

CABESTAN DES PORTS

Fonction ✦ Exercer de grands efforts dans le sens horizontal principalement dans les ports et sur les grands vaisseaux.

Description ✦ Il s'agit d'un treuil à axe vertical supporté par une charpente constituée de deux parties (ABCD) assemblées par trois traverses, une à la partie supérieure et deux à la partie inférieure. Les tourillons du treuil passent dans deux orifices pratiqués dans les traverses supérieures et inférieures. Le tourillon supérieur se prolonge et porte une tête (E) qui est traversée par de longues barres horizontales (F), en nombre pair, également espacées.

Mode opératoire ✦ La charpente est simplement posée sur le sol et retenue par des cordages à des piquets fixes en nombre suffisant. Les manœuvriers agissent sur les barres perpendiculairement à celles-ci pour faire tourner le treuil du cabestan.



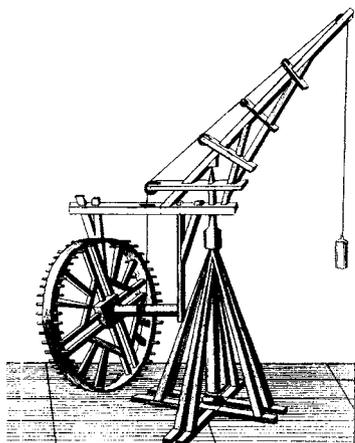
H : 39 - L : 45 - L : 39

**Remarque**

Comme le cabestan doit opérer des mouvements souvent considérables, l'arbre n'aurait pas la hauteur suffisante pour que la corde puisse s'y enrouler. On lui fait faire seulement quelques tours autour du cylindre, et le brin libre est tendu par un manœuvre et déroulé au fur et à mesure que l'autre brin s'enroule.

5 GRUE

- Fonction** ✦ Élever de lourds fardeaux pour les transporter d'un point à un autre.
- Description** ✦ Elle est essentiellement constituée de deux pièces obliques. La plus petite s'appelle la «volée». La plus grande, nommée «tirant», est double et dans l'intervalle des deux tirants est logé une poulie sur laquelle passe la corde qui supporte la charge. L'ensemble de ces deux pièces est monté sur un arbre vertical terminé par un pivot. L'autre brin de la corde vient s'enrouler sur un treuil horizontal entraîné par une roue à chevilles.
- Mode opératoire** ✦ Les manœuvriers agissent par leur poids pour élever le fardeau en montant sur les chevilles de la roue un peu au dessous de l'axe.



Il est convenu d'appeler machines simples les machines qui facilitent l'exécution d'un travail mécanique, tels poulie, plan incliné, treuil, grue...

L'examen des plus anciens monuments égyptiens prouve qu'environ 2000 ans avant J-C le levier, le coin, le treuil étaient déjà d'une utilisation courante.



H : 49 - L : 46 - L : 24



Remarques

Archimède (287 - 212 av J.-C.) qui expose le principe du levier, est l'auteur de la phrase célèbre « *Qu'on me donne un point d'appui et je soulèverai le monde* ».

René Descartes (1596 - 1630) fut le premier à établir que le fonctionnement de ces machines s'appuie sur le principe de la conservation du travail : *Dans toute machine simple, si les frottements sont négligeables, le travail moteur est égal au travail résistant.*

6

NIVEAU DE MAÇON OU À PERPENDICULE

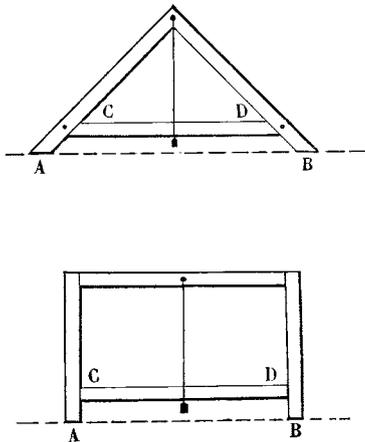
Fonction ➤ Vérifier si un plan est horizontal ou donner l'inclinaison d'une droite par rapport à l'horizon.

Description ➤ Il se compose essentiellement d'un fil à plomb suspendu à un châssis rectangulaire ou triangulaire (les risques de déformation sont moindres dans ce dernier cas). La ligne que suit le fil lorsque les pieds (A) et (B) du châssis reposent sur un ligne horizontale s'appelle la ligne de foi. Pour la déterminer, on pose les pieds (A) et (B) sur une droite à peu près horizontale, puis on retourne l'instrument bout pour bout ; dans ces deux positions on a eu soin de marquer le point de la traverse (CD) auquel vient correspondre le fil ; on obtient ainsi deux marques ; on prend le milieu de leur intervalle ; c'est un point de la ligne de foi ; en le joignant au point de suspension du fil, on a la ligne de foi elle-même.

Mode opératoire ➤ Si l'on veut s'assurer qu'une droite est horizontale, il suffit d'y poser les pieds de l'instrument, et de voir si, lorsque, après avoir incliné un peu le châssis en avant, on le ramène en arrière, le fil vient battre la ligne de foi.

Pour vérifier si un plan est horizontal, il suffit de vérifier que deux droites tracées dans ce plan, et se coupant sous un angle peu différent d'un angle droit, sont horizontales l'une et l'autre.

L'instrument peut servir aussi à donner l'inclinaison d'une droite par rapport à l'horizon. Il suffit de marquer sur la traverse les points où le fil doit venir battre quand on pose l'instrument sur diverses droites dont l'inclinaison est connue.



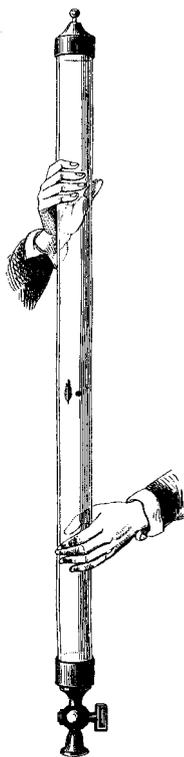
H : 30 - L : 40 - L : 1,5

7 TUBE DE NEWTON

Loi ou phénomène ✦ Dans le vide tous les corps tombent à la même vitesse.

Description ✦ C'est un tube de verre d'environ 2m de long, fermé à ses extrémités. L'une est munie d'un robinet et peut se visser sur une pompe à vide. Le tube contient différents corps : papier, plume, liège, plomb...

Expérience ✦ Après avoir fait le vide d'air dans le tube, on retourne celui-ci brusquement. On constate que les différents corps tombent et arrivent en même temps au fond du tube. On laisse alors l'air pénétrer dans le tube. Après l'avoir retourné brusquement, on constate que les corps tombent, avec des vitesses différentes.



H : 74 - D : 5



H : 190 - D : 5



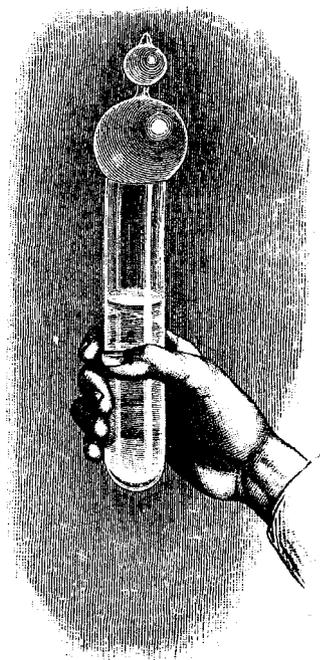
Remarque

*En l'absence de frottements tous les corps tombent bien de la même façon, qu'il s'agisse d'une plume légère ou d'un marteau lourd. La lune n'ayant pas d'atmosphère, un corps n'y rencontre aucune résistance en tombant, aussi au cours d'une expédition lunaire, l'astronaute américain **Dave Scott** a illustré la loi en lâchant simultanément une plume de faucon (leur modèle lunaire avait été baptisé Falcon) et un marteau qui sont tous deux arrivés sur le sol en même temps.*

8

MARTEAU D'EAU

- Loi ou phénomène ↪ Dans le vide, la chute des liquides a lieu en masse comme celle des corps solides.
- Description ↪ Il est constitué par un tube de verre de 30 à 40 cm de long qu'on a rempli d'eau à moitié, puis fermé à la lampe après en avoir chassé l'air par une ébullition prolongée.
- Expérience ↪ Lorsqu'on retourne ce tube brusquement, l'eau tombe avec un bruit sec, comparable à celui d'une masse solide qui viendrait frapper le fond du tube.



L : 42 - D : 5,5 - D' : 2,5

PESANTEUR

récréatif

9 MACHINE D'ATWOOD

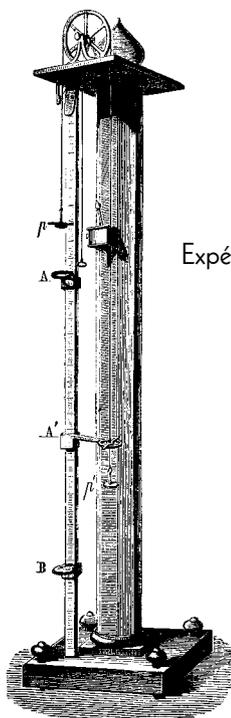
Loi ou phénomène ➤ **Loi des espaces** : *les espaces parcourus par un corps qui tombe librement dans le vide sont proportionnels aux carrés des temps mis à les parcourir.*

Description ➤ Elle se compose essentiellement d'une poulie très mobile et légère, sur laquelle s'enroule un fil très fin portant à ses extrémités deux poids, dont l'un, (p), se meut devant une règle graduée qui permet de mesurer les espaces parcourus, tandis qu'un métronome (o), placé à côté, donne la durée pendant lequel le mouvement s'est effectué. Des curseurs, plateaux pleins (B) ou évidés (A), situés directement au-dessous du corps qui tombe, peuvent être fixés à diverses hauteurs sur la règle graduée.

Les curseurs évidés ont pour effet de retenir des masses additionnelles que l'on place sur le poids mobile, sans l'empêcher de continuer son mouvement.

Expérience ➤ La masse additionnelle étant placée sur le poids (p), le curseur (A) étant écarté, on détermine le début du mouvement à l'instant où l'on entend le bruit du métronome. En tâtonnant et recommençant plusieurs fois l'expérience, on arrive à placer le curseur plein (B) en un point tel que le choc produit par le corps coïncidant avec le second battement du métronome, le mouvement ait duré 1 seconde.

On recommence l'expérience en donnant successivement à la chute des durées de 2, 3, ... secondes ; on reconnaît que les espaces parcourus sont respectivement égaux à 4, 9, ... fois l'espace parcouru pendant la première seconde ; les espaces sont bien proportionnels aux carrés des temps.



H : 200 - L : 46 - L : 40



Remarque

On peut aussi montrer avec cet appareil la **loi des vitesses** à savoir que *les vitesses acquises par un corps qui tombe librement dans le vide sont proportionnelles aux durées de chute.*

10

MACHINE DE MORIN

Loi ou phénomène ➤ **Loi des espaces** : *les espaces parcourus par un corps qui tombe librement dans le vide sont proportionnels aux carrés des temps mis à les parcourir.*

Description ➤ Un bâti en bois sert à maintenir verticalement un cylindre en bois (M) très léger et pouvant tourner librement sur deux pivots. Avant chaque expérience la surface du cylindre est recouverte d'une feuille de papier quadrillée.

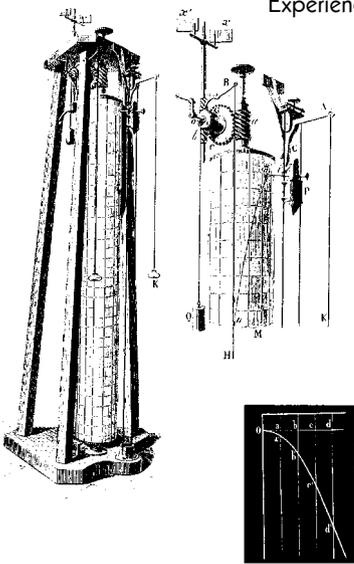
Le mobile est une masse de fonte (P), portant un crayon (i), pressé contre le papier par un ressort. Dans sa chute, cette masse est guidée par deux fils de fer tendus. Ce mobile est retenu par un levier coudé (AC) relié à un cordeau (K) qui permet de le libérer. La rotation du cylindre est obtenue à l'aide d'un poids (Q) suspendu à une corde enroulée sur un treuil (G). Un système de régulation à ailettes permet d'obtenir une rotation uniforme quand le poids (Q) a parcouru environ les trois quarts de sa course.

Expérience ➤ Le mobile est amené à la partie supérieure de l'appareil. Le poids moteur (Q) est également élevé, puis abandonné à lui-même. Lorsqu'il a parcouru les trois quarts de sa course, on libère le mobile qui tombe laissant une trace sur la feuille de papier qui une fois déployée montre une parabole.

Les ordonnées telles que aa' , bb' , cc' ... sont proportionnelles aux carrés des abscisses oa , ob , oc ...

Les ordonnées sont les espaces parcourus, les longueurs oa , ob , oc sont proportionnelles aux temps.

Donc la loi est vérifiée : les espaces sont proportionnels aux carrés des temps.

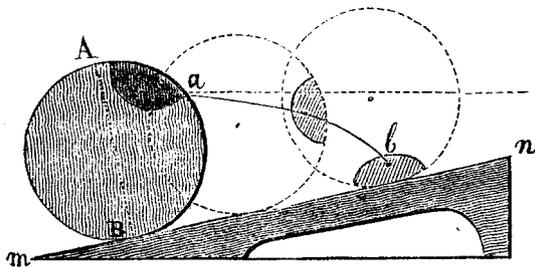


H : 197 - L : 42 - L : 42

11

CYLINDRE REMONTANT UN PLAN INCLINÉ

- Loi ou phénomène ✦ La stabilité d'un corps correspond à la position la plus basse de son centre de gravité.
- Description ✦ Il s'agit d'un cylindre de bois dans lequel a été incrustée une masse de plomb, située tout près du bord.
- Expérience ✦ On place sur le plan incliné le cylindre de bois tel qu'il est indiqué sur la gravure. On le lâche et on constate qu'il remonte le plan incliné de telle sorte que son centre de gravité décrit la ligne ab jusqu'à ce que celui-ci soit le plus bas possible par rapport à l'horizontale.



É : 4,5 - D : 20 (CYLINDRE)
H : 4,5 - L : 49 (PLAN INCLINÉ)

12

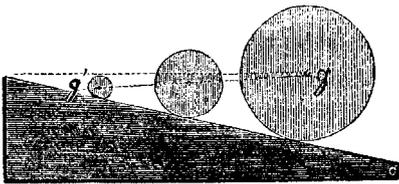
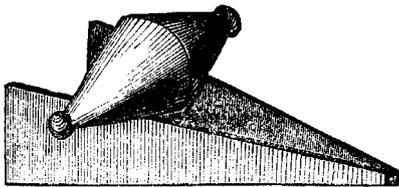
DOUBLE CÔNE DE NOLLET

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

Description ✦ Un solide en forme de bicône et un ensemble de deux planchettes verticales, identiques, formant un angle aigu entre elles, dont les bords supérieurs 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.

En fait, au cours du mouvement, par suite de la forme du solide et de l'écartement angulaire des planchettes, le centre de gravité du bicône est descendu.



L : 37 - D : 13 (BICÔNE)
H : 10 - L : 48 (PLAN INCLINÉ)



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 Nollet (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.* »

13

CYLINDRES ET CÔNES POUR L'ÉTUDE DE L'ÉQUILIBRE

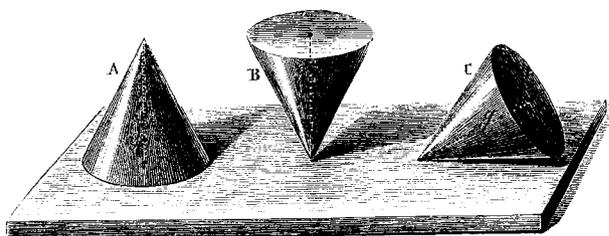
Loi ou phénomène ✦ Les trois états d'équilibre possibles d'un corps soumis à la pesanteur : stable, instable, indifférent.

Description ✦ Il s'agit de cônes et de cylindres en bois de diverses hauteurs.

Expérience ✦ - L'équilibre stable (A) est l'état d'un corps qui, dévié de sa position d'équilibre, y revient de lui-même lorsque aucun obstacle ne s'y oppose. D'une manière générale la stabilité est maximale lorsque le centre de gravité (g) du corps est plus bas que dans toute autre position voisine.

- L'équilibre instable (B) est l'état d'un corps qui, dévié de sa position d'équilibre, ne tend qu'à s'en écarter davantage. Cet état se présente chaque fois que le centre de gravité du corps est plus haut que dans tout autre position voisine.

- L'équilibre indifférent (C) est celui qui persiste dans toutes les positions que peut prendre le corps. Dans ce cas le centre de gravité n'est ni relevé ni abaissé.



H : 10,5 / 8,5 / 7,5 - D : 9,5 (CYLINDRES)
H : 19 / 13 / 10 - D : 9,5 (CÔNES)

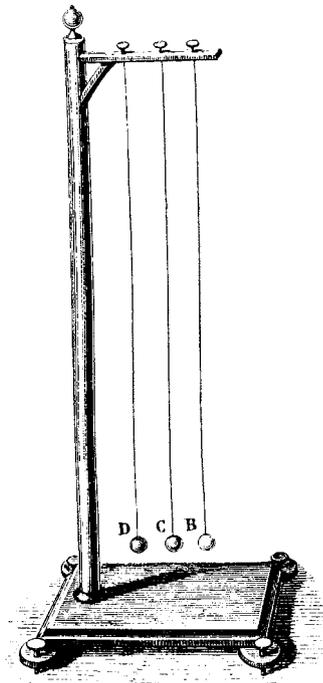
14

PENDES DE SUBSTANCES DIFFÉRENTES

Loi ou phénomène ➤ **Loi des substances** : *la durée des oscillations (de faible amplitude) d'un pendule, est indépendante de la substance dont il est fait.*

Description ➤ Il est constitué d'un support sur lequel sont suspendues par des fils de même longueur, souples et très fins, trois petites sphères de substances différentes (plomb, laiton, cuivre) et de même diamètre.

Expérience ➤ On écarte ces trois pendules d'un même angle et on les abandonne au même instant : on voit que leurs oscillations sont indéfiniment concordantes.



H : 120 - L : 36 - L : 25



Remarque

On raconte que Galilée découvrit les lois du mouvement pendulaire pendant un office célébré dans la cathédrale de Pise, en observant un lustre se balancer en s'amortissant progressivement. Galilée remarque un aspect inattendu de ce mouvement : «*Si l'amplitude des oscillations décroît peu à peu, leur durée (que l'on appelle période), elle, demeure constante. Qu'il ait à parcourir un long chemin ou qu'il ne bouge presque plus, le lustre met toujours la même durée pour effectuer un aller-retour.*»

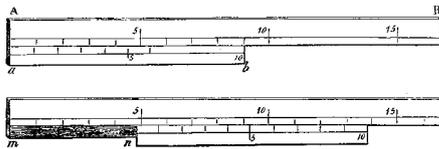
15 VERNIER RECTILIGNE (modèle de démonstration)

Fonction ➤ Permettre d'évaluer des longueurs plus petites que la valeur des dernières divisions d'une règle divisée, tout en n'offrant lui-même que des divisions à peu près égales à celles-ci et aussi faciles à lire.

Description ➤ Cet instrument n'est jamais seul ; il est toujours adapté à une règle divisée, tantôt indépendante, tantôt fixée elle-même à un autre instrument.

Il se compose dans tous les cas, d'une réglette divisée (ab) qui peut glisser le long de la grande règle (AB), de manière que les deux graduations se touchent. On lui donne, le plus souvent, une longueur égale à 9 divisions de la grande règle, puis on le divise en 10 parties égales. Il en résulte que chaque division du vernier (ab) est d'un dixième d'unité plus petite que celle de la règle (AB). On a alors «un vernier au dixième» : c'est le vernier le plus employé ; il peut servir à évaluer des longueurs avec une précision d'un dixième d'unité.

Mode opératoire ➤ Soit à mesurer la longueur d'un objet (mn). On place celui-ci le long de la grande règle, et l'on trouve ainsi qu'il a, par exemple, une longueur de 4 divisions «plus» une fraction. C'est cette fraction qu'on va mesurer avec le vernier. Pour cela on le fait glisser sur la règle fixe jusqu'à ce qu'il vienne se placer à l'extrémité de l'objet (mn), puis on cherche où se fait sensiblement la coïncidence entre les traits des deux échelles. On a supposé (voir fig.) qu'elle a eu lieu à la huitième division du vernier, à partir du point (n). Cela indique que la fraction à mesurer est égale à 8 dixièmes d'unité. En effet, les divisions du vernier étant plus petites d'un dixième que celles de la règle, on voit qu'à partir du point de coïncidence, en allant de droite à gauche, elles sont successivement en retard sur celles de la règle de 1, de 2, de 3 dixièmes. De l'extrémité (n) du vernier à la 4^{ème} division de la règle, il y a donc 8 dixièmes : donc (mn) égale 4,8 unités.



Remarque

L'invention du vernier rectiligne est due au géomètre français Pierre Vernier, qui a donné son nom à l'instrument. Le vernier circulaire paraît avoir été inventé antérieurement, par le géomètre portugais Nunez ou Nonius (1542).



H : 2 - L : 120 - L : 9

constructeur
DELEUIL, PARIS

16

SPHÉROMÈTRE

Fonction ➤ Sert à vérifier la courbure des surfaces sphériques, mesurer leur rayon et à mesurer les faibles épaisseurs.

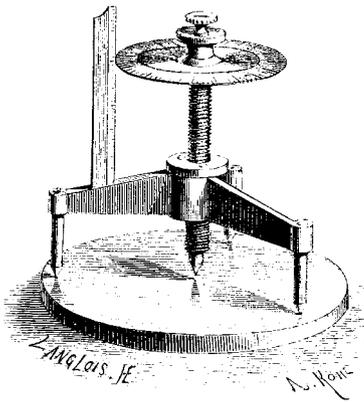
Description ➤ Il se compose essentiellement d'une vis micrométrique engagée dans un écrou qui repose par trois pointes sur un plan horizontal de référence en verre dépoli, soigneusement dressé.

Cette vis, dont l'axe est perpendiculaire au plan de verre, est munie d'une large tête divisée en 500 parties égales et se termine à la partie inférieure par une pointe mousse.

Mode opératoire ➤ Pour mesurer, par exemple, l'épaisseur d'une glace, on actionne la vis de façon à amener la pointe inférieure exactement au contact du plan de référence et on note alors la division de la tête qui se trouve devant un repère constitué par un réglette verticale fixée à l'écrou. On soulève ensuite la vis et on place sous la pointe le morceau de glace ; on ramène ensuite cette pointe jusqu'à toucher la face supérieure de la glace et on note la nouvelle position de la tête divisée.

Comme la réglette porte des divisions précisément égales au pas (l) de la vis elle-même, on peut facilement obtenir les nombres (N) et (n) de tours et fractions de tours nécessaires pour déplacer la vis d'une longueur équivalente à l'épaisseur de la glace qui est ainsi égale à :

$$\left(N + \frac{n}{500}\right) \times (l)$$



H : 15 - L : 14 - L : 14

constructeur

E. DUCRETET & CIE, PARIS

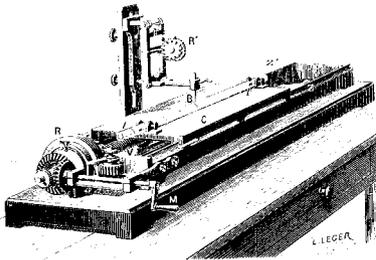
17 MACHINE À DIVISER

Fonction ➤ - Diviser une longueur donnée en un nombre déterminé de parties égales.
- Tracer des divisions d'une longueur déterminée.

Description ➤ Elle se compose essentiellement d'une vis micrométrique (V) qui mène un écrou mobile. Une manivelle (M), reliée à la tête de vis permet d'en assurer la rotation. Un disque gradué (R) tournant avec elle devant un index fixe permet d'apprécier les angles de rotation. L'écrou embrasse la vis et ne peut tourner avec elle. Il est forcé d'avancer ou de reculer, suivant le sens de rotation. Comme le pas de vis est de 1mm et que le cercle est divisé en 100 parties, on déplace l'écrou de 1/100 de millimètre par division. A l'écrou est fixé un chariot d'acier (C) qui se déplace avec lui en glissant sur le cadre (zz'). Le burin (B) est l'outil à pointe d'acier ou de diamant, qui sert à tracer des divisions sur les métaux ou sur le verre.

Mode opératoire ➤ Pour tracer, par exemple, n divisions égales sur un tube de verre, on fixe ce dernier sur le chariot, parallèlement à la vis (V). On compte le nombre de tours (p) et de centièmes de tour (q/100) nécessaires pour faire marcher la pointe du burin entre les divisions extrêmes.

Pour avoir donc (n) divisions égales il faut buriner un trait chaque fois qu'on aura fait $1/n$ ($p + q/100$) tours à partir du point 0.



H : 20 - L : 80 - L : 21

constructeur
SOLEIL, RUE DE L'ODÉON, PARIS

18

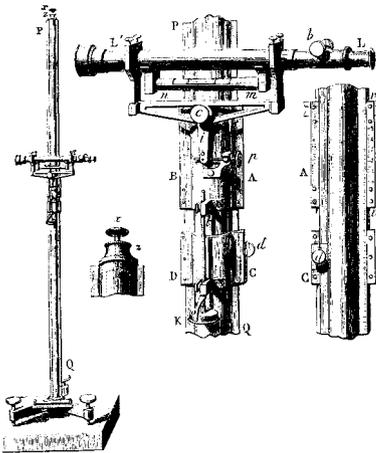
CATHÉTOMÈTRE

Fonction ↩ Sert à déterminer la différence de hauteur verticale entre deux points.

Description ↩ Il se compose essentiellement d'une règle graduée verticale qui peut tourner autour d'un axe qui lui est parallèle.

Un trépied à vis calantes permet, par un réglage convenable et à l'aide d'un niveau, de disposer l'axe et par la suite la règle verticalement. Sur celle-ci peut se déplacer un chariot muni d'une lunette dont l'axe optique est perpendiculaire à la direction de la règle.

Mode opératoire ↩ On dispose l'appareil à égale distance des points dont il s'agit de déterminer la différence de niveau. On rend la règle verticale et on amène le réticule du viseur de la lunette à coïncider avec l'image de l'un des points donné par l'objectif. Sans bouger l'appareil, on note alors la position, sur la règle graduée, d'un trait de repère gravé sur le chariot. On amène ensuite la lunette à viser l'autre point en déplaçant le chariot et, si besoin est, en faisant tourner la règle autour de son axe. La course du repère sur la règle donne alors la différence de hauteur cherchée.



H : 126 - L : 38

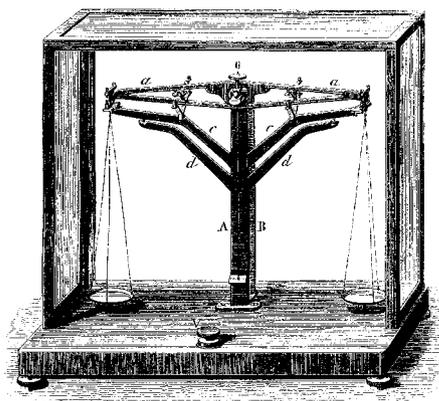
constructeur
DESBORDES, PARIS

19 BALANCE DE PRÉCISION

Fonction ✦ Mesurer la masse d'un corps.

Description ✦ Par rapport à une balance ordinaire, elle comporte une pièce métallique, la fourchette, que l'on peut élever ou abaisser à l'aide d'un levier afin d'empêcher l'arête des couteaux de s'émousser en appuyant toujours sur la chape. Elle est enfermée dans une cage en verre pour la protéger des poussières et de l'agitation de l'air. La présence dans la cage de substances desséchantes évite les oxydations.

Mode opératoire ✦ Traditionnellement on place le corps sur l'un des plateaux, puis on rétablit l'équilibre en mettant des masses marquées sur l'autre. Pour plus de précision on peut réaliser une double pesée.



MODÈLE DE BALANCE
H : 65 - L : 50 - L : 16



H : 75 - L : 75 - L : 34

constructeur
LECOMTE À PARIS,
RUE SAINT-DOMINIQUE D'ENFER, N°20

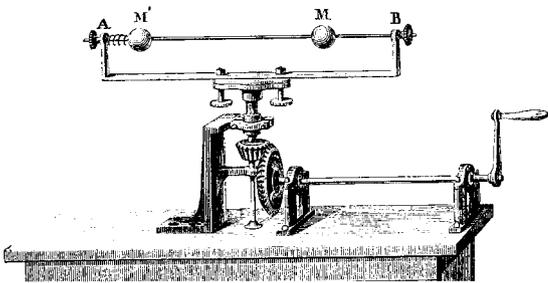
20

APPAREIL DE LA FORCE CENTRIFUGE

Loi ou phénomène ↪ Effets de la force centrifuge.

Description ↪ Une tringle (AB) passe à travers deux boules d'ivoire (M) et (M').

Expérience ↪ Si on imprime à l'appareil un mouvement de rotation plus ou moins rapide autour de l'axe vertical, on voit alors les boules s'écarter vers les extrémités de la tringle horizontale. Si on place un ressort du côté de la boule (M') par exemple, celui-ci est pressé par une force dont la valeur est précisément égale à chaque instant à celle de la force centrifuge.



H : 28 - L : 80 - L : 25



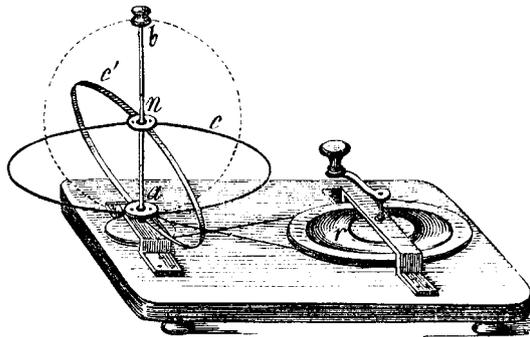
Remarque

Ce principe est utilisé dans les régulateurs de vitesse de certains moteurs.

21

APPAREIL POUR MONTRER L'APLATISSEMENT DE LA TERRE

- Loi ou phénomène ➤ La rotation de la Terre produit un aplatissement aux pôles et un renflement à l'équateur.
- Description ➤ Deux cercles d'acier (c) et (c') sont fixés en (a) à une tige verticale (ab) et par la partie supérieure, à un anneau (n) qui peut glisser le long de cette tige. Une roue à gorge (r) sur laquelle passe une corde sans fin qui embrasse d'autre part une poulie fixée à la tige (ab), sert à imprimer un mouvement rapide de rotation.
- Expérience ➤ On actionne la manivelle, et on constate au cours du mouvement que les cercles d'acier s'aplatissent dans le sens vertical et d'autant plus que le mouvement est plus rapide.



H : 43 - L : 80 - L : 29



Remarque

En 1671, l'astronome français Jean Richer (1630-1696) observe à Cayenne un ralentissement de la marche des pendules. Puisque la durée des oscillations du pendule dépend de la pesanteur, argue Newton, il faut nécessairement que cette dernière soit moindre à l'équateur qu'en Europe. Comme d'autre part la pesanteur décroît lorsqu'on gravit une montagne, ceci implique que la région équatoriale est plus «élevée que l'Europe, plus éloignée du centre de la Terre». Il s'ensuit donc que notre planète est enflée à l'équateur et aplatie aux pôles, (écart de 21 km entre les distances respectives des pôles et de l'équateur au centre de la Terre).

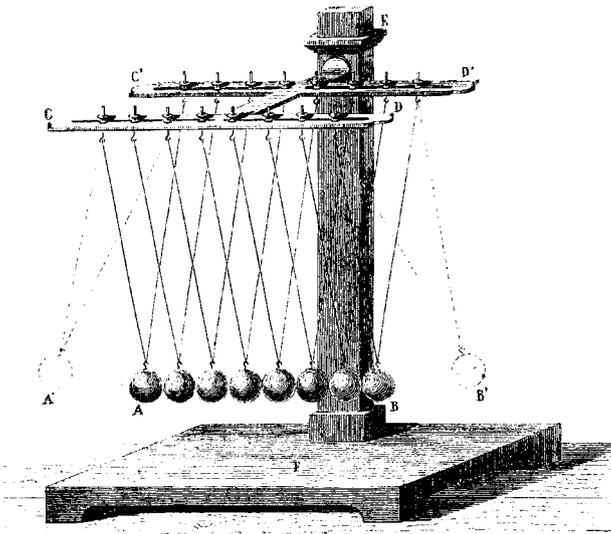
22

APPAREIL POUR L'ÉTUDE DES CHOCS

Loi ou phénomène ➤ Transmission de la quantité de mouvement lors d'un choc élastique.

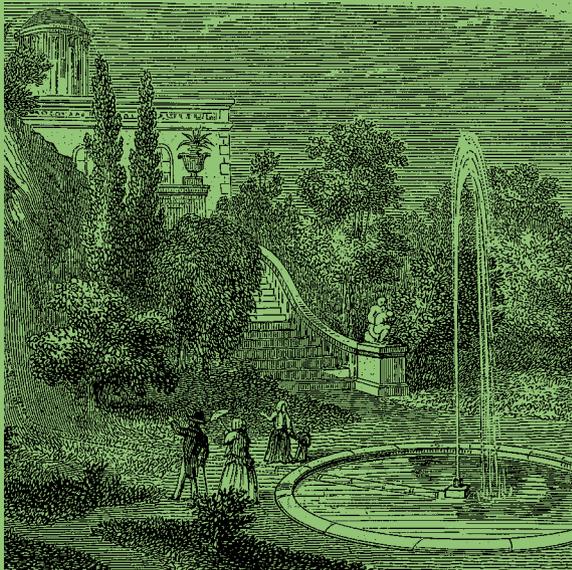
Description ➤ Sur un support commun sont suspendues plusieurs billes d'ivoire identiques, en contact et rangées en ligne droite.

Expérience ➤ On écarte la première bille (A) d'un angle quelconque et on la laisse retomber. Elle vient choquer la bille suivante, puis elle reste au repos, après avoir cédé toute sa quantité de mouvement à la deuxième bille, et ainsi de suite jusqu'à la sphère (B). Elle se soulève et retombe ensuite avec la même vitesse qu'avait d'abord la sphère (A), et le phénomène se reproduit en sens inverse. On a ainsi un pendule formé de parties intermédiaires immobiles et deux billes extrêmes qui seules oscillent.



H : 120 - L : 90 - l : 40

HYDROSTATIQUE HYDRODYNAMIQUE



L'hydrostatique traite des conditions d'équilibre des liquides et des pressions qu'ils exercent sur les corps.

Elle se fonde sur le principe d'Archimède et contient des lois dont les conséquences pratiques sont nombreuses et souvent bien connues.

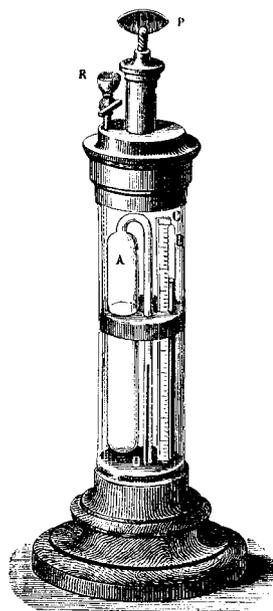
La construction, par exemple, de voiliers de compétition toujours plus performants utilise ces lois et fait progresser les connaissances dans cette discipline ainsi que dans sa voisine l'hydrodynamique.

23 PIÉZOMÈTRE D'ØERSTED

Fonction ✦ Mesurer le coefficient de compressibilité des liquides.

Description ✦ Il se compose d'un cylindre de verre très épais, mastiqué à sa base dans un pied de laiton et à sa partie supérieure dans une garniture de laiton. Celle-ci porte un entonnoir à robinet (R), servant à le remplir d'eau, et un cylindre dans lequel on produit la pression au moyen d'un piston qu'on manœuvre à l'aide d'une vis (P). Le liquide à étudier est renfermé dans un réservoir de verre (A) qui se termine par un tube (O), recourbé et divisé, plongeant dans un bain de mercure. Près du réservoir (A) se trouve un tube vertical (B), placé contre une échelle divisée ; ce tube est primitivement rempli d'air et plonge aussi dans le bain de mercure.

Mode opératoire ✦ Quand on comprime à l'aide de la vis (P), on voit le mercure s'élever dans le tube (O), ce qui permet d'apprécier la diminution de volume. Pendant la compression, le mercure s'élève dans le tube (B) et indique la pression qui a été atteinte.



H : 67 - D : 8, D' : 13

24

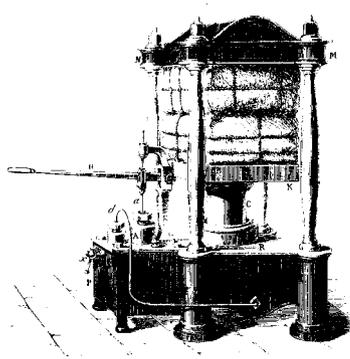
PRESSE HYDRAULIQUE

Fonction ✦ Produire des pressions considérables à partir d'un effort beaucoup plus faible (application du principe de Pascal).

Description ✦ Elle se compose essentiellement de deux corps de pompe cylindriques communiquant par un tube placé à la partie inférieure ; ils renferment de l'eau sur laquelle reposent des pistons pleins. Si par exemple le grand piston a une section 100 fois plus grande que l'autre, sa pression exercée sera 100 fois plus grande d'après le principe de Pascal. Le grand piston (C) porte un plateau (K) sur lequel on place les corps à comprimer ; il les presse contre un plateau fixe, maintenu par des colonnes métalliques. Le petit cylindre (A) est une pompe aspirante et foulante. Il est muni, à la partie inférieure, d'un tuyau qui plonge dans un réservoir d'eau (R).

Mode opératoire ✦ Quand on abaisse le piston à l'aide du levier (o), l'eau qui est en dessous passe dans le grand corps de pompe ; quand on le soulève, la soupape de communication entre les deux cylindres se ferme et le grand piston reste soulevé tandis que le petit cylindre se remplit.

On peut donc, avec un nombre suffisant de coups de piston, soulever autant qu'on le veut le grand piston et exercer sur le corps placé sur le plateau des pressions très considérables.



H : 35 - L : 38 - L : 24

constructeur
SECRÉTAN À PARIS



Remarque

Dans l'industrie la presse hydraulique est utilisée pour extraire l'huile, faire des balles de coton, foin... soulever des navires, des automobiles...

25

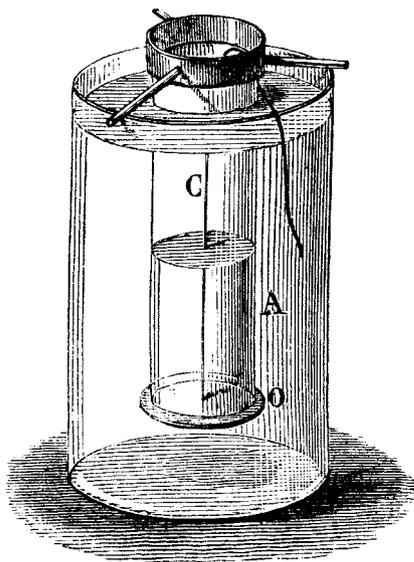
APPAREIL À OBTURATEUR

Loi ou phénomène ✦ La pression à l'intérieur d'un liquide est proportionnelle à la profondeur.

Description ✦ Il s'agit d'un tube de verre (A) ouvert à ses deux extrémités. L'extrémité inférieure rodée à l'émeri, peut être fermée par un disque plan, l'obturateur, maintenu par un fil attaché en son milieu.

Expérience ✦ Après avoir appliqué contre l'extrémité inférieure du tube l'obturateur que l'on soutient à l'aide du fil (C), on plonge le tout dans l'eau puis on lâche le fil. L'obturateur reste plaqué contre le tube, ce qui indique qu'il subit de la part du liquide une force pressante, de bas en haut, supérieure à son poids.

Si on verse lentement de l'eau dans le tube, l'obturateur supporte le poids du liquide sans tomber, et ne tombe qu'au moment où le niveau de l'eau, à l'intérieur, est le même qu'à l'extérieur. On démontre ainsi que la force pressante exercée sur l'obturateur, de bas en haut, est égale au poids d'une colonne d'eau de même section intérieure que le tube (A) et de hauteur égale à la distance de l'obturateur à la surface supérieure du liquide entourant le tube.



H : 25 - D : 15, D' : 6

26

APPAREIL DE HALDAT

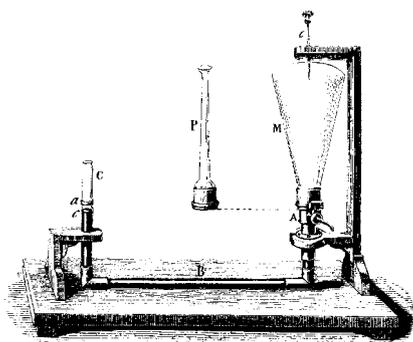
Loi ou phénomène ➤ La pression exercée par un liquide sur le fond d'un vase ne dépend que de la hauteur de liquide et ne dépend pas de la forme du vase ni du volume de liquide qu'il contient.

Description ➤ Il se compose d'un tube coudé (ABC), terminé d'un côté par un robinet sur lequel on peut visser successivement des vases de même hauteur, mais de formes et de capacités différentes.

Expérience ➤ On commence par verser du mercure dans le tube coudé (ABC) de manière à ce que le niveau n'atteigne pas tout à fait le robinet. On visse alors sur le tube un des vases, qu'on remplit d'eau ; celle-ci par son poids refoule le mercure qui s'élève dans le tube (C), où l'on repère le niveau au moyen d'une virole (a) qui peut glisser le long du tube.

On repère de même le niveau de l'eau dans le vase à l'aide d'une tige mobile (o).

Cela fait, on vide le vase au moyen du robinet et on le remplace par un autre vase. Quand on verse de l'eau dans celui-ci, le mercure s'élève de nouveau dans le tube (C), et lorsque, dans le vase, l'eau atteint la hauteur qu'elle avait dans le vase précédent, le mercure reprend le même niveau dans le tube (C) que précédemment.



H : 89 - L : 63 - L : 24

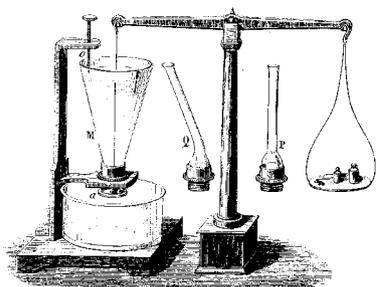
27 APPAREIL DE MASSON

Loi ou phénomène ✦ *La pression exercée par un liquide sur le fond d'un vase ne dépend pas de la forme du vase et du volume de liquide qu'il contient, il ne dépend que de la hauteur de liquide.*

Description ✦ Il se compose d'un anneau métallique sur lequel on peut visser des vases de formes différentes. Un obturateur muni d'un fil permet de fermer le fond du vase. Un index, fixé sur le support, repère la hauteur d'eau.

Expérience ✦ Le fil de l'obturateur est accroché à l'un des plateaux d'une balance hydrostatique dont l'autre plateau est chargé de masses marquées de façon à plaquer l'obturateur. On verse de l'eau dans le vase jusqu'à ce que l'obturateur se détache et on repère alors le niveau de l'eau.

Puis, on place successivement les autres vases et on constate que l'obturateur se détache toujours quand le niveau arrive en face de l'index bien qu'il ait fallu des volumes d'eau très différents suivant la forme des vases.



H : 53 - L : 27 - L : 27



H : 28 - D : 12

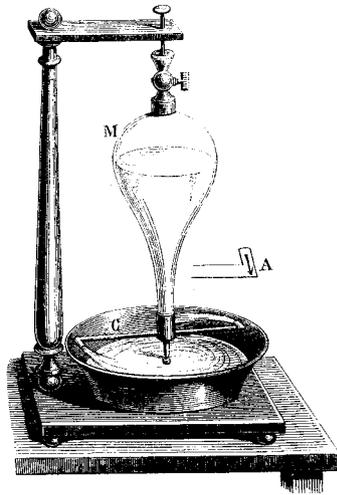
28

TOURNIQUET HYDRAULIQUE

Loi ou phénomène ↪ Propulsion par réaction.

Description ↪ Il s'agit d'un vase mobile autour d'un axe vertical, et portant à sa partie inférieure un tube horizontal dont les extrémités sont recourbées en sens inverse.

Expérience ↪ On verse de l'eau dans le vase, elle s'écoule par les orifices du tube et l'appareil par réaction, tourne en sens inverse de l'écoulement.



H : 55 - L : 53 - L : 41



Remarque

Certains appareils qui servent à l'arrosage des jardins en sont des applications directes.

29

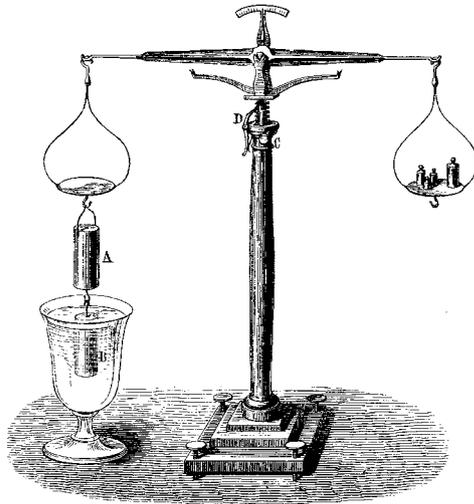
BALANCE HYDROSTATIQUE (accessoires)

Loi ou phénomène ➤ **Principe d'Archimède:** *tout corps plongé dans un liquide reçoit une poussée verticale, vers le haut, dont la valeur est égale au poids du liquide déplacé.*

Description ➤ C'est une balance dont chaque plateau est muni d'un crochet et dont le fléau peut s'abaisser ou s'élever à volonté. A l'un des plateaux est suspendu un cylindre creux, et au dessous, un cylindre plein qui peut être contenu exactement dans le cylindre supérieur.

Expérience ➤ On place sur l'autre plateau des «poids» appelés tare jusqu'à ce que l'équilibre s'établisse. On amène sous le cylindre plein un vase rempli d'eau et l'on descend le fléau jusqu'à ce que le cylindre plein soit complètement immergé.

Le fléau s'incline alors du côté de la tare. Pour rétablir l'équilibre, il suffit d'emplir d'eau le cylindre creux pour compenser l'effet de la poussée du liquide sur le cylindre immergé.



H : 18 - D : 16



Remarque

Tous les corps flottants sont soumis à la poussée d'Archimède: bateaux, icebergs, aréomètres.

30

LUDION À VIS

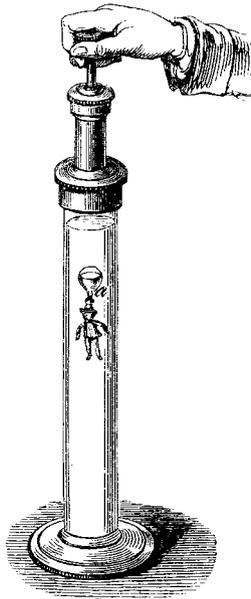
Loi ou phénomène ➤ Un corps immergé remonte ou descend en fonction de la pression exercée sur la surface du liquide.

Description ➤ Il se compose d'une éprouvette de verre partiellement remplie d'eau, et fermée hermétiquement par un tube de laiton traversé par un piston qu'on manœuvre à l'aide d'une vis. Dans le liquide se trouve une petite figurine d'émail, soutenue par une boule de verre creuse et contenant de l'air et de l'eau. Au repos elle flotte à la surface. À sa partie inférieure, cette boule est percée d'un orifice par lequel l'eau peut passer. La quantité d'eau préalablement introduite est telle qu'un très petit excès de poids fait descendre le ludion.

Expérience ➤ Si l'on exerce, à l'aide de la vis, une légère pression sur le piston, le ludion descend. En effet, l'air entre la membrane et l'eau est comprimée.

La pression à la surface de l'eau du vase augmente. L'eau étant incompressible, elle transmet intégralement l'augmentation de pression à l'air contenu dans la boule. Il en résulte qu'une certaine quantité d'eau pénètre dans celle-ci, et que le corps flottant s'immerge.

Si, à l'aide de la vis, on cesse d'appuyer sur le piston, la pression diminue ; l'air de la boule reprend son volume initial, le corps immergé, flotte de nouveau.



H : 67 - D : 4 - D' : 19



Remarque

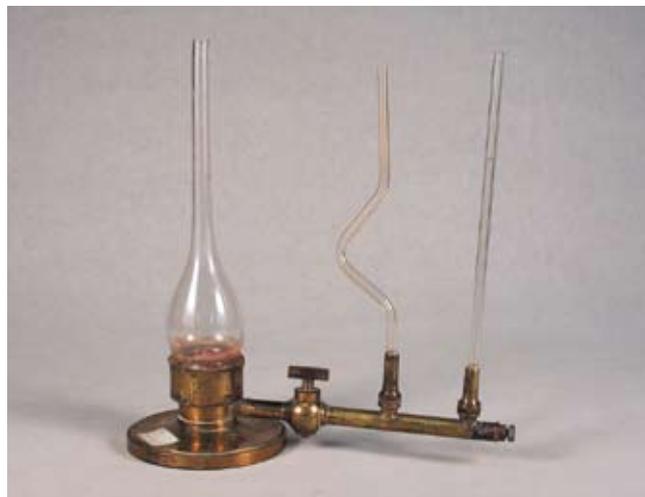
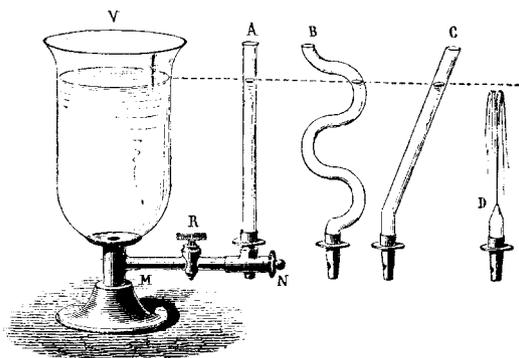
Les vessies natatoires des poissons et les ballasts des sous-marins sont des applications de ce phénomène.

31 APPAREIL DES VASES COMMUNICANTS

Loi ou phénomène ✦ *Les diverses surfaces libres d'un même liquide, dans des vases communicants, sont situées dans un même plan horizontal.*

Description ✦ Le réservoir de verre (V), communique par un tuyau horizontal (M) avec le tuyau droit (A), qu'on peut remplacer à volonté, soit par le tuyau sinueux (B), soit le tube incliné (C). Un robinet permet d'interrompre ou d'établir la communication entre les vases.

Expérience ✦ On verse de l'eau colorée dans le réservoir (V), on ouvre le robinet, le liquide s'élève dans chacun de ces tubes, jusqu'à ce qu'il atteigne le prolongement de la surface libre dans le réservoir.



H : 36 - L : 35 - L : 14



Remarque

Les niveaux à eau, puits artésiens, jets d'eau artificiels sont des applications de ce principe.

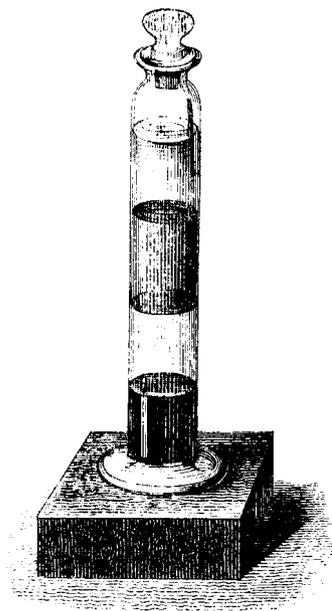
32

FIOLE DES QUATRE ÉLÉMENTS

Loi ou phénomène ✦ Lorsque plusieurs liquides qui ne se mélangent pas et n'ont pas d'action chimique l'un sur l'autre sont placés dans un même vase, ils se superposent par ordre de densités croissantes de haut en bas, et les surfaces de séparation sont horizontales.

Description ✦ Il s'agit d'un flacon dans lequel on a mis du mercure, de l'eau saturée de carbonate de potassium, de l'alcool coloré, et de l'huile de naphte.

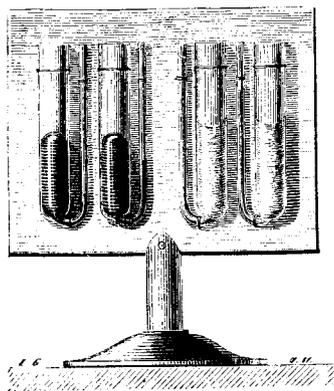
Expérience ✦ On agite le flacon, puis on l'abandonne à lui-même. Les liquides qui avaient paru se mélanger, se séparent en quatre couches horizontales placées dans l'ordre suivant, de haut en bas : huile, alcool, eau, mercure, ordre croissant des densités.



H : 30 - D : 4 / H : 26 - D : 3,5

33 VASES COMMUNICANTS CAPILLAIRES

- Loi ou phénomène ✦ Les conditions d'équilibre dans les vases communicants ne sont plus vérifiées lorsque les liquides sont contenus dans des vases très étroits, dits capillaires.
- Description ✦ Il s'agit de tubes communicants dont une branche a un diamètre assez important, tandis que l'autre est très étroite.
- Expérience ✦ On verse dans les uns différents liquides pouvant mouiller les tubes, dans les autres du mercure. On voit dans le premier cas le liquide atteindre un niveau plus élevé dans la branche capillaire, et un niveau plus bas dans le second ; les surfaces terminales sont concaves pour les liquides qui mouillent les tubes et convexes pour le mercure.



H : 33 - L : 19 - D : 13



H : 36 - L : 16 - D : 14



Remarque

- Gay-Lussac a le premier montré que les ascensions capillaires sont inversement proportionnelles aux diamètres des tubes.
- La capillarité joue un rôle important dans plusieurs phénomènes naturels, et en particulier dans l'ascension de la sève des végétaux.

constructeur
DELEUIL, OPTICIEN
6, RUE DU PONT DE LODI, PARIS

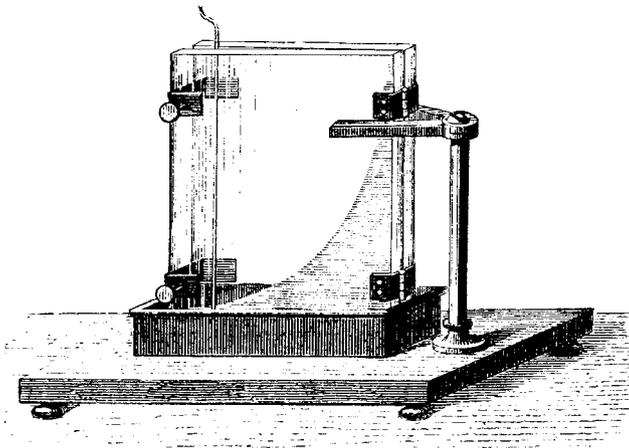
34

GLACES DE HAWKSBEE

Loi ou phénomène ↪ La hauteur d'ascension d'un liquide entre deux lames parallèles et suffisamment rapprochées est en raison inverse de la distance qui les sépare.

Description ↪ Deux lames de verre parallèles réunies par des charnières sont disposées de façon que leur intersection soit verticale et qu'elles fassent entre elles un très petit angle (θ). Une petite cuve se trouve à la partie inférieure de ces lames.

Expérience ↪ On plonge dans l'eau de la cuve la partie inférieure des lames. On constate que l'eau s'élève au sommet de l'angle des deux lames, et sa surface, du point le plus haut au point le plus bas, affecte une forme dont la section par un plan vertical est la courbe connue en géométrie sous le nom d'hyperbole équilatère.



H : 17 - L : 11,5 - L : 1,5

35

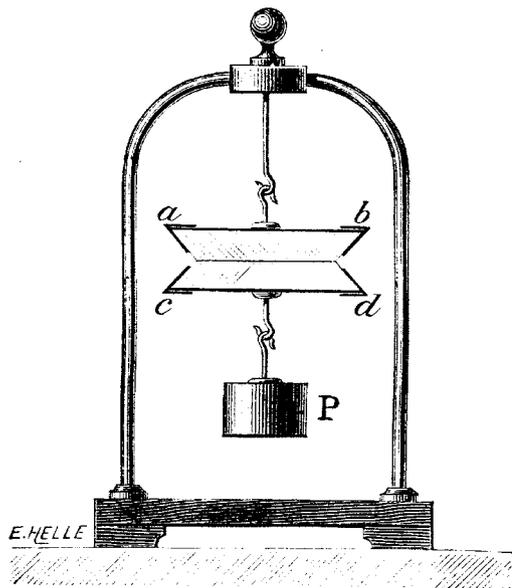
PLANS DE MAGDEBOURG

Loi ou phénomène ✦ Forces de cohésion qui maintiennent les molécules unies dans les solides.

Description ✦ Deux lames de verre, bien polies, assez épaisses, sont montées dans une armature métallique comportant un crochet.

Un portique métallique permet de suspendre le système des deux lames.

Expérience ✦ On fait glisser les deux lames l'une sur l'autre en appuyant. On constate que par cette seule pression les deux lames adhèrent ; la force qui les maintient unies est assez grande pour que l'on puisse suspendre le système au portique. L'adhérence est telle qu'elle peut supporter un poids (P) que l'on attache au dessous de (cd).



H : 22,5 - D : 11



Remarque

Dans les manufactures de verre à glace, on doit interposer des cales entre les glaces que l'on empile afin d'éviter une adhérence qui ne permettrait plus de les séparer sans rupture.

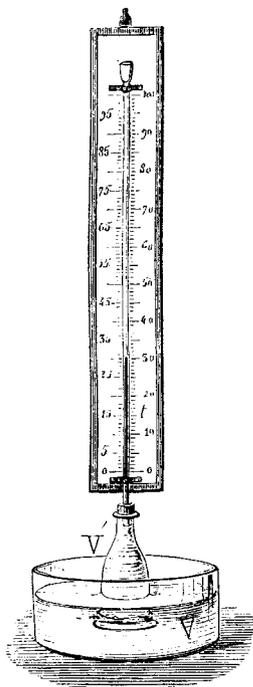
36

ENDOSMOMÈTRE DE DUTROCHET

Fonction ↪ Évaluer la force osmotique.

Description ↪ Un tube vertical ouvert (t) est fixé à la tubulure d'une cloche (V') dont le fond est fermé par un morceau de vessie ou de toute autre membrane organique. Une graduation permet de connaître la hauteur dans le tube.

Mode opératoire ↪ On remplit la cloche d'une dissolution étendue de sucre ou de toute autre substance, jusqu'à la naissance du tube, et on la plonge dans un vase (V) contenant de l'eau distillée, de manière que le niveau soit le même à l'intérieur et à l'extérieur. Bientôt on voit le niveau s'élever dans le tube par suite du passage de l'eau à travers la membrane, tandis que le liquide extérieur se charge d'une quantité plus ou moins grande de la dissolution intérieure : il s'établit à travers la cloison deux courants d'inégale intensité et de sens contraire. Le phénomène que l'on observe, celui qui fait pénétrer l'eau dans le tube, s'appelle l'endosmose.



L : 34 - L : 5

37 ARÉOMÈTRE DE NICHOLSON

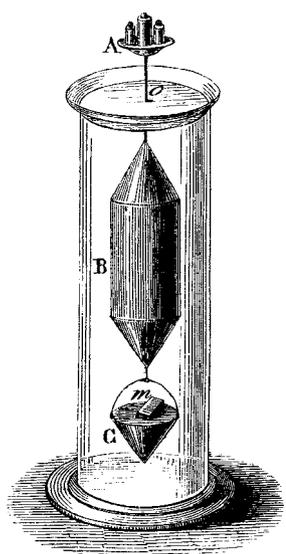
Fonction ✦ Mesurer la densité d'un solide.

Description ✦ C'est un cylindre creux lesté à l'aide d'un cône rempli de plomb et surmonté d'une tige qui se termine par un plateau. Un point de repère appelé point d'affleurement est marqué sur cette tige.

Mode opératoire ✦ L'aréomètre est immergé dans de l'eau. On place le corps dont on veut déterminer la densité sur le plateau. On ajoute une tare de manière à ce que le point d'affleurement soit au niveau de l'eau. On enlève ensuite le corps et on ajoute, à sa place, des masses marquées (jadis appelées « poids ») jusqu'à obtenir le même affleurement.

Ces masses ainsi ajoutées représentent la masse du corps. Dans une troisième étape, sans toucher à la tare, on place le corps sur le cône. On ajoute alors des masses marquées sur le plateau, jusqu'à obtenir toujours le même affleurement. Ces masses ainsi ajoutées représentent la masse d'eau déplacée par le corps (voir poussée d'Archimède n° 29).

La densité du corps est obtenue en faisant le rapport de la masse du corps par la masse du même volume d'eau, c'est-à-dire par la masse d'eau déplacée par le corps.



H : 28 - D : 4,5 (2EX.)

38

FLACON À DENSITÉ POUR LES SOLIDES

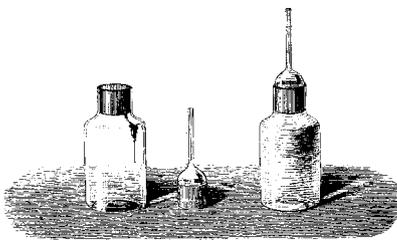
Fonction ↪ Déterminer la densité d'un solide.

Description ↪ Il s'agit d'un flacon à large goulot rodé sur lequel vient s'emboîter un bouchon terminé à la partie supérieure par un tube étroit sur lequel est tracé un point de repère.

Mode opératoire ↪ On commence par déterminer, avec une balance, la masse (m) du solide dont on veut déterminer la densité. On le place ensuite sur l'un des plateaux de la balance, à côté du flacon à densité, exactement plein d'eau jusqu'au repère ; on fait équilibre sur l'autre plateau avec une tare. On introduit ensuite le solide dans le corps du flacon ; il sort évidemment un volume d'eau égal au volume du même corps. Si donc on ferme le flacon en s'assurant bien qu'il est rempli de la même façon que précédemment, qu'on l'essuie et qu'on le remette sur la balance, il n'y aura plus équilibre et il faudra ajouter une masse (m') qui est la masse d'un volume d'eau égal à celui du corps.

La densité du solide est donc : $d = m/m'$.

H : 20 - D : 2,5
H : 17 - D : 4,5



Flacon à densité pour les solides.



Flacon à densité pour les liquides.



H : 13 À 15 - D : 5 À 6



Remarque

Quand on veut déterminer la densité d'un liquide, on se sert d'un flacon dont la partie supérieure est terminée par un tube étroit sur lequel est tracé un point de repère. Après avoir déterminé la masse du flacon vide, on le remplit successivement du liquide et d'eau jusqu'au point de repère, on détermine ainsi la masse du même volume d'eau et du liquide dont on veut déterminer la densité, le quotient de la première masse par la seconde donne la densité.

39

ARÉOMÈTRE DE FAHRENHEIT

Fonction ✦ Mesurer la densité des liquides.

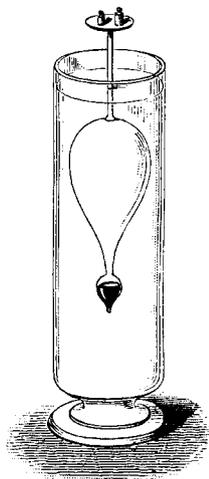
Description ✦ Il s'agit d'un flotteur en verre pouvant être placé dans tout liquide. Sa tige porte un point d'affleurement destiné à obtenir un volume immergé constant et se termine par une capsule où l'on peut placer des masses marquées. Il est lesté à la partie inférieure par une petite boule remplie de mercure.

Mode opératoire ✦ Avant d'expérimenter, on détermine avec précision, la masse de l'aréomètre.

Ensuite, le faisant flotter dans une éprouvette remplie d'eau distillée, on ajoute des masses marquées dans la capsule supérieure jusqu'à ce que le point d'affleurement atteigne le niveau de l'eau.

En cet état, d'après la première condition d'équilibre des corps flottants, la masse de l'aréomètre, ajoutée à la masse qui est dans la capsule, représente la masse d'un volume d'eau égal à celui de la partie immergée de l'instrument.

On détermine de la même manière la masse d'un égal volume du liquide dont on cherche la densité, il ne reste plus qu'à diviser la dernière masse par la première pour obtenir la densité du liquide par rapport à l'eau.



L : 25 - D : 3,5 - D' : 2

40

ALCOOMÈTRE DE GAY-LUSSAC

Fonction ↪ Indiquer le volume d'alcool contenu dans un liquide formé d'alcool et d'eau.

Description ↪ Il se compose d'un flotteur à air lesté à sa partie inférieure par du mercure ou de la grenaille de plomb. Le flotteur est surmonté d'un tube portant une graduation particulière à l'alcool. La graduation 15, par exemple, signifie que pour un mélange d'eau et d'alcool, il y a quinze pour cent en volume d'alcool : c'est le degré d'alcool du mélange.

Mode opératoire ↪ Pour déterminer le degré alcoolique d'un vin, par exemple, ce n'est qu'après distillation de celui-ci, puis ajout d'eau de façon à obtenir le volume initial, qu'il faut immerger l'alcoomètre dans ce nouveau mélange.

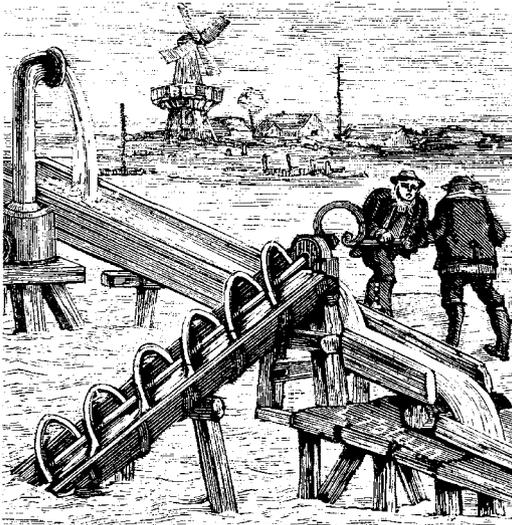


H : 27- D : 2,5

constructeur
J. SALLERON, PARIS

41 VIS D'ARCHIMÈDE OU POMPE À SPIRALE

- Fonction** ✦ Élever l'eau de quelques mètres.
- Description** ✦ Elle se compose d'un bâti sur lequel repose un axe incliné, placé sur sa partie inférieure sur un palier et à sa partie supérieure sur un coussinet. Autour de cet axe est enroulé, en hélice, un tuyau qui constitue le « canon » de la vis d'Archimède. L'axe se termine à sa partie supérieure par une manivelle.
- Mode opératoire** ✦ On plonge la partie inférieure du canon dans l'eau qu'il s'agit d'élever. À l'aide de la manivelle, on le fait tourner dans le sens contraire de celui de l'hélice. À chaque tour, en passant dans l'eau, l'extrémité inférieure du tuyau puise une certaine quantité d'eau qui s'élève de spire en spire, et vient sortir par l'orifice supérieur. Le débit d'une telle pompe est donc intermittent.



H : 41 - L : 52 - L : 21

constructeur
DESBORDES
RUE SAINT PIERRE N° 20, PARIS

42

BÉLIER HYDRAULIQUE

Fonction ↪ Machine destinée à élever l'eau.

Description ↪ Le «corps du bélier» est un long tuyau (C) par lequel arrive l'eau d'un réservoir plus ou moins élevé. À l'extrémité opposée au réservoir se trouve la «tête du bélier» composée de plusieurs parties :

- la soupape d'arrêt (S) s'ouvre de haut en bas sous l'effet de son poids.
- le tube (t), qui fait suite au tuyau (C), est muni d'une ou plusieurs soupapes (r,r) qui s'ouvrent de manière à permettre à l'eau de s'introduire dans le récipient (F).
- le tuyau d'ascension (T).

Mode opératoire ↪ L'eau arrive par le tuyau (C), remonte par l'ouverture de la soupape (S) que son poids important maintient abaissée, et s'écoule ensuite par le canal (D).

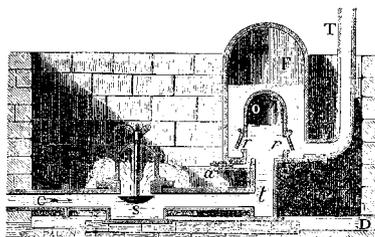
La vitesse de cette eau augmentant, celle-ci vient bientôt frapper le dessous de la soupape (S) avec assez de force pour la soulever, et bloquer la remontée de l'eau. L'écoulement se trouve ainsi brusquement interrompu, et il en résulte, à cause de la vitesse acquise du liquide dans la conduite (C), un choc ou «coup de bélier», qui chasse l'eau par les soupapes (r, r), et la fait monter dans le tuyau d'ascension (T), à une hauteur qui dépend, non de l'élévation du réservoir, mais de la quantité de mouvement de la colonne d'eau affluente. Plus cette colonne sera longue plus l'effet sera énergique.

Après le choc, la vitesse ayant brusquement chuté, la soupape (S) retombe par son poids, l'eau recommence à remonter et à s'évacuer par le canal (D) ; sa vitesse s'accélère, et un nouveau coup de bélier se reproduit, qui lance une nouvelle quantité d'eau dans le tuyau (T) et ainsi de suite.



H : 153 - L : 200
H : 38 - D : 30 (VASQUE)

constructeur
DESBORDES,
RUE POPINCOURT N°20, PARIS



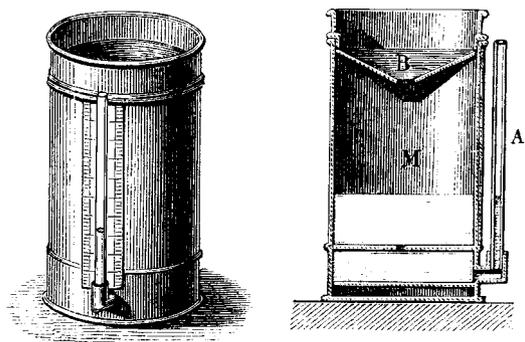
43 PLUVIOMÈTRE ou UDOMÈTRE

Fonction ✦ Mesurer la hauteur des précipitations dues à la pluie en un lieu donné.

Description ✦ Il s'agit d'un vase cylindrique (M) protégé par un couvercle (B), qui a la forme d'un entonnoir dans lequel tombe l'eau des précipitations. Celle-ci pénètre ensuite dans le vase par le petit trou, de manière à être soustraite le plus possible à l'évaporation. De la partie inférieure part un tube de verre (A) dans lequel l'eau s'élève à la même hauteur qu'à l'intérieur.

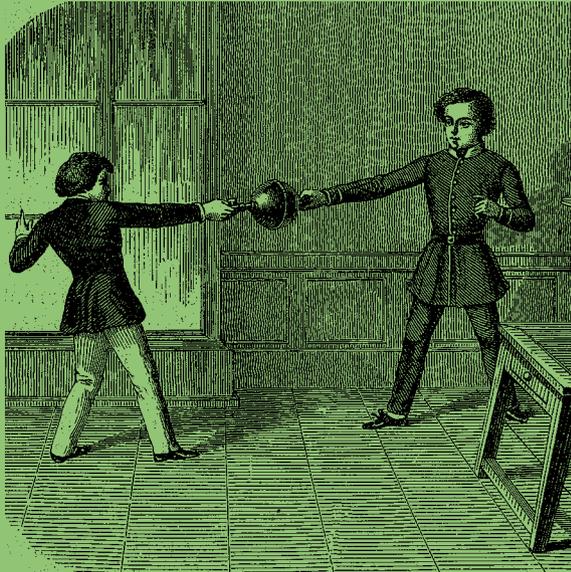
Mode opératoire ✦ Il suffit de placer le pluviomètre dans un lieu découvert et de lire la hauteur d'eau sur l'échelle graduée en millimètres, placée sur le côté du tube.

Si, au bout d'un mois, par exemple, la hauteur de l'eau dans le tube est de 5 mm, cela indique que si l'eau tombée était étendue sur le sol, sans évaporation ni infiltration, il y en aurait une couche de 5 mm soit 5 litres par m².



H : 21 - D : 10

PROPRIÉTÉS DES GAZ



Cette partie de la physique, appelée aussi aérostatique, est consacrée aux conditions d'équilibre de l'air et des gaz au repos. Elle avait reçu le nom inusité maintenant de «pneumatique».

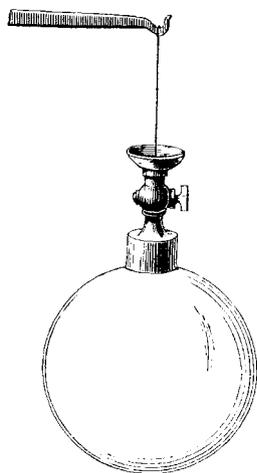
C'est au XVII^{ème} siècle que, Torricelli, Pascal, et Otto de Guéricke contribuent à l'établissement des bases de cette discipline, notamment par leurs travaux sur la pression atmosphérique.

Les ballons-sondes gonflés à l'hélium sont des moyens toujours très économiques et très utilisés pour effectuer des mesures de toutes sortes ou faire des prélèvements dans notre atmosphère. Ils complètent ainsi les informations données par satellites et permettent, associés à l'informatique le développement de la météorologie.

44

BALLON POUR DÉTERMINER LA MASSE DE L'AIR

- Fonction** ✦ Montrer que l'air est pesant et déterminer la masse d'un litre d'air.
- Description** ✦ Il s'agit d'un ballon de verre dont le col est muni d'une garniture métallique à robinet qui peut se visser sur la machine pneumatique.
- Mode opératoire** ✦ On le suspend sous l'un des plateaux de la balance hydrostatique et on rétablit l'équilibre à l'aide d'une tare ; il était naturellement plein d'air. On le visse sur la machine pneumatique, on enlève l'air autant que possible ; puis on ferme le robinet et on remet le ballon sous le plateau de la balance. On constate que le fléau penche du côté de la tare, donc l'air est pesant. Les masses marquées qu'il faut ajouter du côté du ballon pour rétablir l'équilibre représentent la masse de l'air enlevé. Si on connaît le volume du ballon, on peut en déduire la masse d'un litre d'air, et l'on trouve qu'il est de 1,293g dans les conditions ordinaires de température et de pression.



H : 37 - D : 12



Remarque

De la même manière on peut déterminer la masse d'un litre de tout autre gaz.

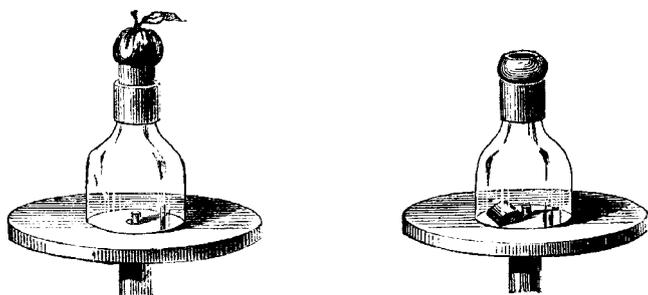
45 COUPE-POMMES

Loi ou phénomène ↪ Effet de la pression atmosphérique.

Description ↪ C'est un vase en verre dont l'extrémité supérieure ouverte est terminée par un col muni d'une garniture métallique à bord tranchant (couteau circulaire). L'extrémité inférieure est également ouverte et rodée à l'émeri.

Expérience ↪ On pose l'appareil par sa base inférieure sur le plateau d'une pompe à vide et on ferme l'ouverture supérieure en y posant une pomme.

En faisant le vide à l'intérieur de ce récipient, la pression atmosphérique appuie sur la pomme, faisant pénétrer le couteau dans celle-ci qui se trouve précipitée avec détonation à l'intérieur du vase, alors qu'un morceau de pomme annulaire, découpée par le couteau, reste autour de la garniture métallique.



H : 20 - D : 12

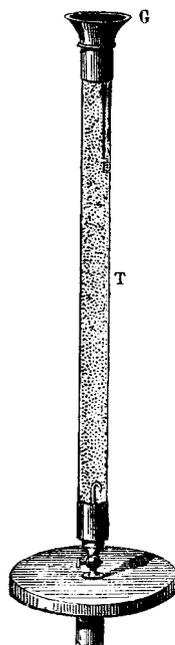
46

APPAREIL À PLUIE DE MERCURE

Loi ou phénomène ➤ Effet de la pression atmosphérique et porosité d'une peau.

Description ➤ Il se compose d'un tube de verre (T), terminé à sa partie supérieure par un godet (G) dont le fond est constitué par un morceau de peau de chamois.

Expérience ➤ On verse du mercure dans le godet et on fait le vide par la base du tube. Dès que l'air se raréfie à l'intérieur, la pression atmosphérique pousse à travers les pores de la peau de chamois le mercure, qui tombe dans le tube sous forme de pluie fine.



H : 50 - D : 14

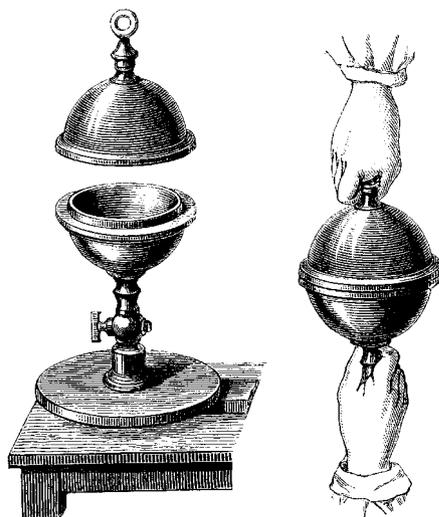
47

HÉMISPHERES DE MAGDEBOURG

Loi ou phénomène ↪ La pression atmosphérique s'exerce dans tous les sens.

Description ↪ Ce sont deux hémisphères creux en laiton qui peuvent s'appliquer l'un contre l'autre, de façon hermétique. Un des hémisphères porte un robinet qui permet de le visser sur une pompe à vide.

Expérience ↪ On fait le vide à l'intérieur de l'ensemble des deux hémisphères, on constate alors qu'il est très difficile de les séparer.



H : 25 - D : 10
H : 23 - D : 11



Remarques

- C'est Otto de Guericke, bourgmestre de Magdebourg, qui est l'inventeur de cet appareil. Il fit construire deux hémisphères de 65 centimètres de diamètre et réalisa l'expérience, devant l'empereur Ferdinand III, en 1654. Il fallut huit chevaux attelés à chaque hémisphère pour parvenir à les séparer !
- Les tubes de télévision dans lesquels on a fait un vide poussé présentent un risque d'implosion car la pression atmosphérique s'exerce dans tous les sens sur l'enveloppe externe du tube.

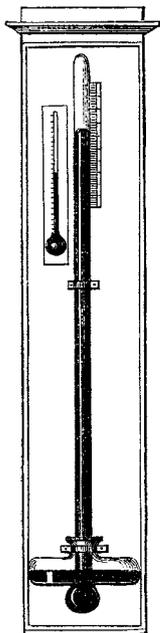
48

BAROMÈTRE A CUVETTE

Fonction ✦ Mesurer la pression atmosphérique.

Description ✦ Il se compose d'un tube fixé sur une planchette et d'une cuvette assez large qui porte dans son fond un renflement dans lequel descend l'extrémité du tube. La partie supérieure de la cuvette est fermée par une membrane qui laisse passer l'air, mais arrête la poussière, et s'oppose à la sortie du mercure quand on transporte l'instrument. Une règle divisée dont l'origine est au niveau du mercure dans la cuvette est fixée vers le haut de la colonne de mercure, et un curseur se meut à la fois sur les divisions et le tube.

Mode opératoire ✦ Il suffit de lire sur la règle divisée en centimètres et en millimètres la différence des niveaux du mercure dans le tube et dans la cuvette.



H : 110 - L : 14 - L : 8



Remarque

Eisembrog a imaginé de rendre le niveau tout à fait constant, au moyen d'une cuvette présentant une large surface horizontale sur laquelle le mercure s'étend sans la recouvrir entièrement, même pour les pressions les plus faibles. Quand la quantité de mercure de la cuvette varie, cette couche s'étend plus ou moins sans changer d'épaisseur.

constructeur

LECOMTE

RUE SAINT DOMINIQUE D'ENFER N° 20
À PARIS

49

BAROMÈTRE DE FORTIN

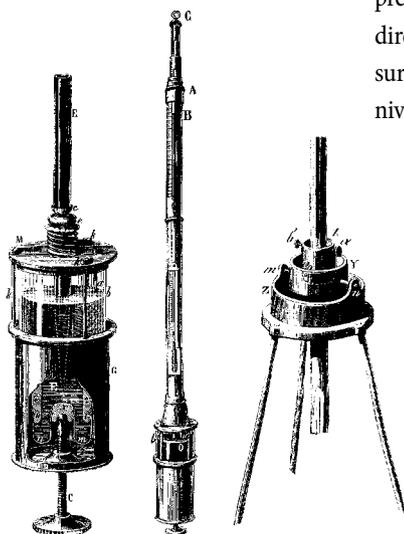
Fonction ↪ Mesurer la pression atmosphérique.

Description ↪ C'est un baromètre à cuvette. Le fond de celle-ci est en peau de chamois et peut être élevé ou abaissé au moyen d'une vis.

Sur le tube se trouve une graduation qui permet d'évaluer la hauteur de mercure. Le zéro de cette graduation est supposé correspondre à l'extrémité d'une pointe en ivoire située dans la cuvette.

Mode opératoire ↪ Pour transporter cet appareil, on soulève la peau de chamois en agissant sur la vis, jusqu'à ce que la cuvette et le tube soient complètement remplis de mercure.

Pour mesurer la pression atmosphérique, on agit sur la vis de façon à ramener la surface libre du mercure dans la cuvette, à l'extrémité de la pointe en ivoire. La hauteur du mercure dans le tube qui représente la pression atmosphérique du moment, se lit directement en repérant la position de la surface libre du mercure dans le tube, au niveau de la graduation.



H : 105 - L : 14 - L : 12

constructeur
DUCRETET ET LEJEUNE
THERMOMÈTRE : TONNELOT À PARIS

50

TUBE DE MARIOTTE

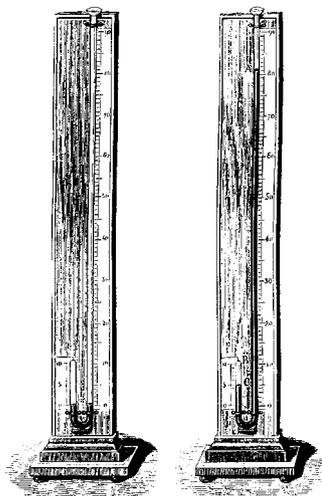
Loi ou phénomène ✦ **Loi de Mariotte** : *le volume occupé par une masse donnée de gaz, à température constante, est inversement proportionnel à sa pression.*

Description ✦ Sur une planchette de bois verticale est fixé un tube de verre recourbé, à branches très inégales. Le long de la petite branche, qui est fermée, se trouve une échelle graduée en volumes. Une échelle placée le long de la grande branche est graduée en centimètres. Les zéros des deux échelles sont sur une même ligne horizontale.

Expérience ✦ - On verse d'abord du mercure par le sommet de la grande branche de manière que le niveau du liquide atteigne le zéro dans les deux branches. L'air ainsi emprisonné dans la branche courte exerce alors sur le mercure qui s'y trouve la même pression que celle exercée par l'atmosphère sur le mercure de l'autre branche.

- On ajoute ensuite du mercure dans la grande branche. Le volume de la masse d'air emprisonné diminue. La pression de ce gaz en centimètres de mercure, est égale à la pression atmosphérique augmentée de la hauteur correspondant à la différence entre les deux niveaux de mercure.

Après plusieurs ajouts successifs de mercure, on constate qu'à température constante, le volume d'une masse de gaz est inversement proportionnel à sa pression.



H : 100 - L : 30 - L : 15

constructeur
SECRETAN
OPTICIEN DE S.M. L'EMPEREUR
À PARIS

51

CUVETTE PROFONDE À MERCURE

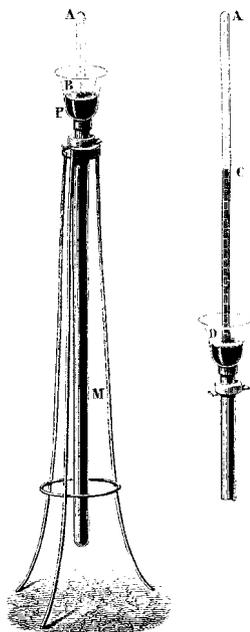
Loi ou phénomène ➤ **Loi de Mariotte** : *les volumes occupés par une masse donnée de gaz, à température constante, sont inversement proportionnels aux pressions qu'elle supporte (ici pressions inférieures à 1 atmosphère)*

Description ➤ Il s'agit d'une cuvette (P) en verre dont le fond est constitué par un long et large tube (M) en fer. On dispose aussi d'un tube de Torricelli gradué.

Expérience ➤ On remplit de mercure, aux deux tiers environ, le tube de Torricelli, on le retourne et on plonge l'extrémité ouverte dans la cuvette profonde préalablement remplie de mercure. On enfonce le tube jusqu'à ce que le niveau du mercure soit le même à l'intérieur et à l'extérieur et on mesure le volume d'air qu'il contient. On a ainsi, enfermé dans le tube, une masse d'air de volume connu, à la pression atmosphérique du moment.

Ensuite on soulève le tube jusqu'à ce que le volume d'air soit le double du précédent. On constate que le mercure s'élève dans le tube d'une hauteur (CD) qui est la moitié de celle du mercure dans le baromètre au moment de l'expérience. La masse d'air dont le volume a doublé est donc à une pression égale à la moitié de la pression atmosphérique.

On peut répéter l'expérience pour d'autres volumes.



H : 93 - D : 23

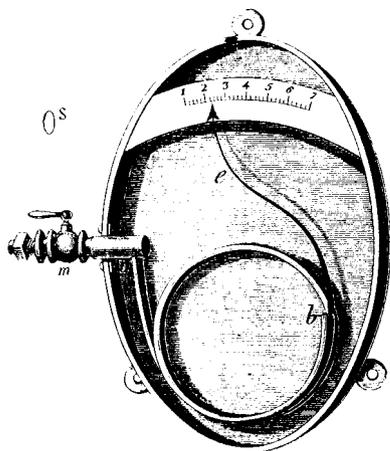
52

MANOMÈTRE DE BOURDON

Fonction ➤ Mesurer la pression d'un gaz.

Description ➤ Il se compose d'un tube de laiton de 0,70m à parois minces et flexibles et recourbé en hélice sur une longueur d'une spire et demie. Sa section qui est représentée en (S) sur la gauche de la figure, est une ellipse dont le grand axe est de 11mm et le petit de 4mm. L'extrémité (a), qui est ouverte, est fixée à une tubulure à robinet (m). L'extrémité (b) est fermée et libre, ainsi que tout le reste du tube. Une aiguille (e), solidaire de l'extrémité (b) se déplace devant un cadran gradué.

Mode opératoire ➤ On met l'appareil en communication avec le gaz dont on veut mesurer la pression : la pression exercée par le gaz sur les parois intérieures du tube le force à se dérouler. L'extrémité (b) est alors entraînée de gauche à droite, et avec elle l'aiguille (e) qui indique sur le cadran la pression en atmosphères.



H : 30 - L : 14 - L : 5

53

STÉRÉOMÈTRE DE SAY

Fonction ➤ Mesurer, sans utiliser de liquide, le volume de corps dont la densité est susceptible de changer par l'imbibition ou par la compression produite par les liquides (ex. fécula, bois...)

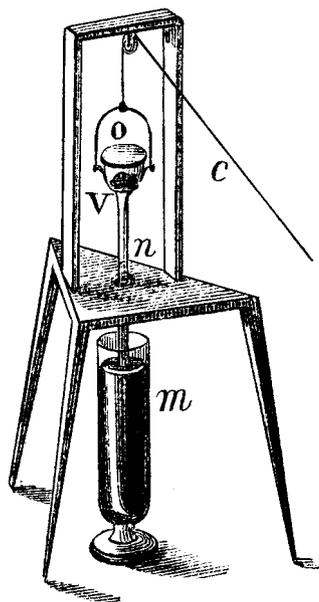
Description ➤ Il est constitué par un tube non capillaire (n), terminé par une partie plus large (V), qui se ferme au moyen d'une plaque de verre (o), que l'on enduit d'un peu de suif pour qu'elle s'applique exactement sur ses bords rodés à l'émeri. Ce tube porte deux graduations, l'une en parties d'égale capacité, l'autre en parties d'égale longueur ; ces graduations coïncident quand le tube est parfaitement calibré.

Mode opératoire ➤ Pour mesurer le volume (x) d'un corps, on le place dans le cylindre (V), et l'on enfonce le tube verticalement dans une cuvette profonde contenant du mercure, de manière que le niveau corresponde au zéro des deux échelles. On ajuste alors la plaque (o) ; l'air contenu dans l'appareil se trouve à la pression atmosphérique H mesurée, et il occupe un volume (V - x), en appelant (V) le volume de l'appareil jusqu'au zéro. On soulève ensuite le tube, sans le toucher avec la main, pour ne pas faire varier sa température ; le mercure monte d'une hauteur (h), et le volume occupé par l'air augmente de (n) des divisions du tube. Si (v) est le volume d'une division, celui qu'occupe l'air sera (V - x + nv), et l'on aura d'après la loi de Mariotte.

$$H / (H - h) = (V - x + nv) / (V - x) ;$$

$$\text{D'où } x = (h(V + nv) - Hnv) / h$$

Pour connaître les quantités (V) et (v), on fait deux expériences sans mettre de corps dans l'appareil ; on a alors $x=0$, et ces expériences donnent deux équations, au moyen desquelles on calcule une fois pour toutes les quantités (V) et (v). On peut aussi passer de baromètre, en faisant sur le corps deux expériences, dans lesquelles on soulèvera le tube d'une manière différente, et en éliminant donc H entre les deux équations obtenues.



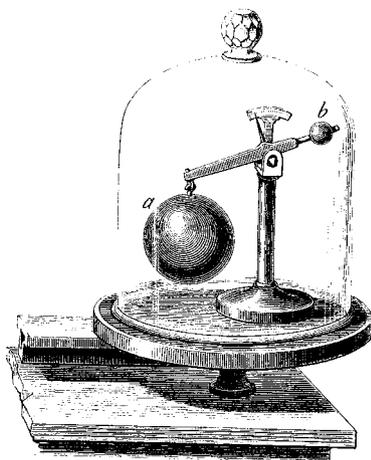
H : 35 - D : 8 - D' : 1,5

constructeur
DUCRETET ET CIE
RUE DES URSULINES, 21 À PARIS

54

BAROSCOPE

- Loi ou phénomène ✦ Principe d'Archimède appliqué aux gaz : «*Tout corps plongé dans un gaz reçoit une poussée verticale, vers le haut, dont la valeur est égale au poids du gaz déplacé.*»
- Description ✦ C'est un petit fléau de balance qui porte à ses deux extrémités deux corps de volumes très différents se faisant équilibrer dans l'air.
- Expérience ✦ On place le baroscope sous la cloche d'une pompe à vide et dès que l'air se raréfie, on voit le fléau qui était auparavant en équilibre, pencher du côté du corps le plus volumineux, car celui-ci subissait une poussée due à l'air, plus grande que celle subie par le corps le moins volumineux.



H : 52 - L : 64 - L : 33



Remarques

- Les montgolfières, les dirigeables, les ballons-sondes s'élèvent sous l'action de la poussée d'Archimède exercée par l'air.
- C'est Otto Von Guericke, qui en 1671, imagina cet instrument. Il le destinait à indiquer, par les changements d'inclinaison du fléau, les variations de la pression atmosphérique, de là son nom.

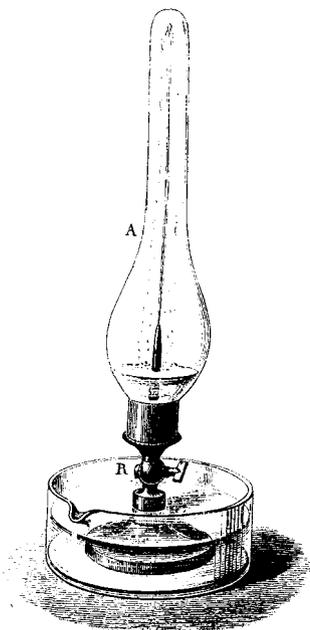
55

FONTAINE DANS LE VIDE

Loi ou phénomène ↪ Action de la pression atmosphérique sur un liquide.

Description ↪ Il s'agit d'un globe de verre très allongé muni à sa base d'une garniture métallique à robinet, avec une tubulure qui s'élève à l'intérieur.

Expérience ↪ On visse ce globe sur la platine d'une machine pneumatique. On y fait le vide, on ferme le robinet, puis on porte l'appareil dans un récipient contenant de l'eau. Si l'on ouvre le robinet, alors la pression atmosphérique qui s'exerce sur l'eau la fait jaillir par la tubulure, comme l'eau d'une fontaine.



H : 58 - D : 10

56 POMPE DE COMPRESSION

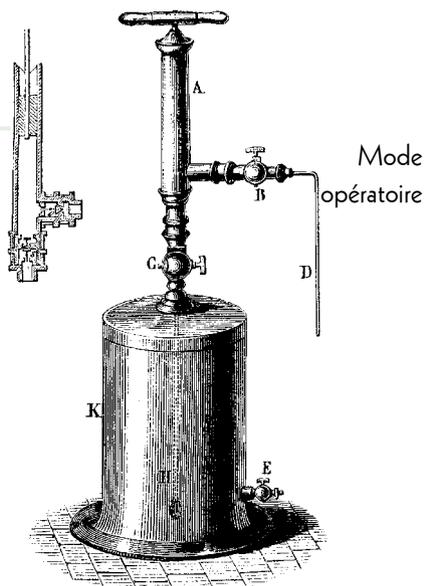
Fonction ✦ Permettre, principalement, la dissolution dans l'eau du dioxyde de carbone ou de tout autre gaz.

Description ✦ C'est une pompe aspirante et refoulante composée d'un corps de pompe (A) d'un petit diamètre, dans lequel on fait mouvoir à la main, au moyen d'une poignée, un piston plein, c'est-à-dire sans soupape. Le corps de pompe est muni à sa base de deux tubulures à robinet. Dans ces tubulures, l'une horizontale l'autre verticale dans l'axe du corps de pompe, sont placées deux soupapes (o) et (s), agissant en sens contraire. La première sert à l'aspiration, la seconde au refoulement. De petits ressorts à boudin appuient sur les soupapes pour les maintenir fermées au repos.

Cette pompe se visse sur un vase métallique (K).

Mode opératoire ✦ On verse le liquide (en général de l'eau) dans le vase (K). On visse le corps de pompe sur ce vase. Le tube (D) est mis en communication avec le réservoir qui contient le gaz qu'on veut faire absorber.

On actionne alors la pompe qui aspire ce gaz et le refoule dans le vase (K), où il se dissout en quantité d'autant plus grande, qu'il est plus comprimé.



Remarque

C'est à l'aide d'appareils analogues que sont fabriquées les eaux gazeuses artificielles.



H : 50 - D : 3



H : 25 - D : 3,5
POMPE À MAIN GAY LUSSAC



H : 47 - D : 12 - D' : 3

constructeur
DUCRETET ET LEJEUNE, À PARIS

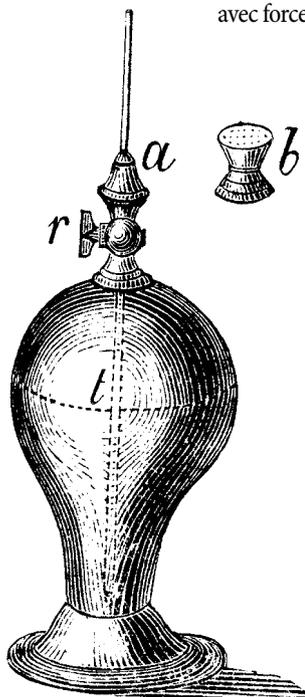
57

FONTAINE DE COMPRESSION

Loi ou phénomène ↪ Action de l'air comprimé sur les liquides.

Description ↪ Elle se compose d'un réservoir métallique très résistant. Un tube (t) muni d'un robinet (r) s'enfonce presque jusqu'au fond du réservoir.

Expérience ↪ On verse une certaine quantité d'eau dans le réservoir. On visse au dessus du robinet une pompe de compression, au moyen de laquelle on accumule une grande quantité d'air, qui passe à travers l'eau, et vient se loger au dessus de sa surface en se comprimant. On enlève alors la pompe, après avoir fermé le robinet (r), et on la remplace par un ajutage à un ou plusieurs orifices (a, b). Ouvrant ensuite le robinet, on voit l'eau jaillir avec force, en vertu de l'excès de pression intérieure sur la pression atmosphérique.



H : 80 (AVEC LA POMPE DE COMPRESSION)



H : 40 - D : 15 - D' : 21

58 APPAREIL DE BRIET

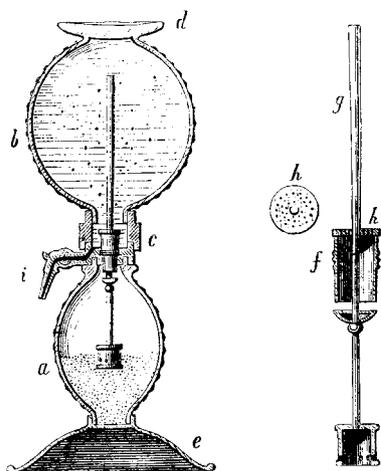
Fonction ➤ Préparer des boissons gazeuses peu de temps avant le moment où elles doivent être consommées.

Description ➤ Il se compose de deux vases de verre (a) et (b) qui peuvent se visser l'un sur l'autre par leurs garnitures en étain. Un bouchon métallique creux (f), fermé à sa partie supérieure par une plaque d'argent (h) criblée de trous très fins et traversé par un tube d'étain (g), s'adapte au vase inférieur (a).

Les vases sont entourés d'un treillage de jonc pour s'opposer à la projection des fragments de verre en cas de rupture due à la pression.

Mode opératoire ➤ On place dans le vase (a) un mélange en poudre d'acide tartrique et de bicarbonate de soude, substances qui ne réagissent pas chimiquement à sec ; puis on y adapte le bouchon (f). On visse ensuite le vase (a) renversé sur le vase (b), préalablement rempli d'eau et on redresse l'appareil. Un peu d'eau descend par le tube dans le vase (a) ; l'acide tartrique, se dissolvant dans cette eau, réagit chimiquement sur le bicarbonate de soude en dégageant du gaz carbonique qui peut passer par les trous de la plaque (h) : on voit alors des bulles monter dans le liquide, une partie est immédiatement absorbée.

Le gaz non absorbé augmente la pression à la surface de l'eau dans le vase (b). Lorsqu'on ouvre le robinet (i) le liquide pétillant jaillit avec force.



H : 46 - D : 15 - D' : 12 - D'' : 9

59

TROMPE À EAU ASPIRANTE ET SOUFFLANTE

Fonction ↪ Raréfier ou comprimer l'air ou un gaz contenu dans un récipient.

Description ↪ La tubulure (A) comporte un ajustage composé d'un tronc de cône au niveau duquel débouche la tubulure latérale (B).

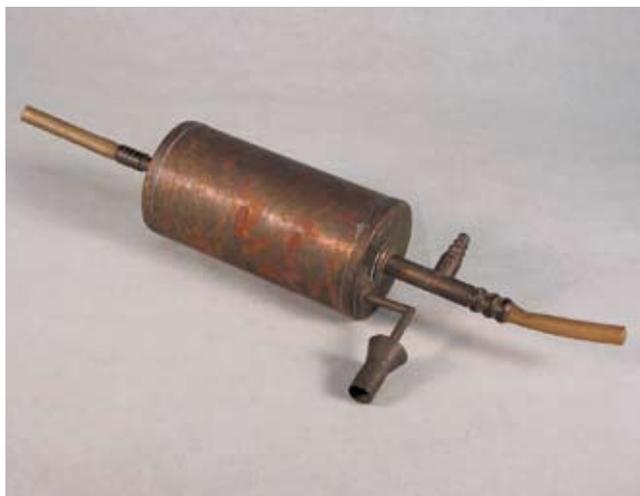
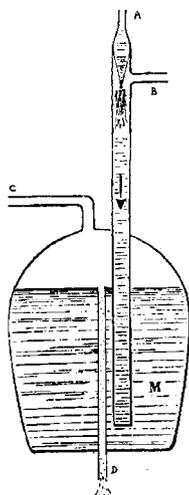
La tubulure (A) plonge dans un récipient (M).

Une troisième tubulure (C) permet l'évacuation de l'eau.

La tubulure (D), à la partie supérieure du récipient, permet la compression des gaz.

Mode opératoire ↪ Trompe à eau aspirante : on branche sur un robinet d'eau la tubulure (A), l'air ou le gaz est entraîné par la tubulure (B) et est ainsi raréfié.

Trompe à eau soufflante : l'air ou le gaz se dégage et se comprime au dessus de l'eau dans le récipient et s'évacue sous pression par la tubulure (C).



H : 37 - D : 9

60

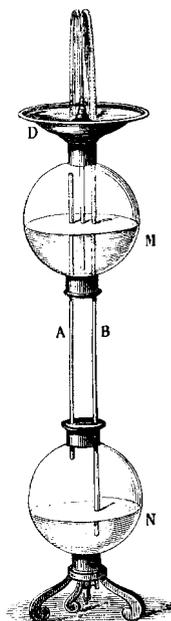
FONTAINE DE HÉRON

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. La cuvette est mise en communication avec la partie inférieure du ballon (N) par le long tube (B), tandis que le tube (A) fait communiquer entre eux les deux ballons. Enfin un troisième tube plus petit traverse le fond de la cuvette et aboutit à la partie inférieure du ballon (M). Ce dernier tube peut s'enlever à volonté.

Expérience ➤ On retire ce dernier tube pour introduire une certaine quantité d'eau dans le ballon (M) ; puis on le replace et l'on verse de l'eau dans la cuvette. Le liquide descend, par le tube (B), dans le ballon inférieur et en chasse l'air, qui vient s'accumuler dans le ballon supérieur ; cet air ainsi comprimé agit sur l'eau et la fait jaillir par le tube central muni d'un ajutage pour accroître la hauteur du jet.

Le liquide devrait s'élever, au dessus du niveau en (M), à une hauteur égale à la différence des niveaux dans les deux ballons ; mais la hauteur du jet est notablement moindre, à cause de la résistance de l'air et du frottement de l'eau contre les parois.



H : 115 - D : 30

61

FONTAINE INTERMITTENTE OU DE STURMIUS

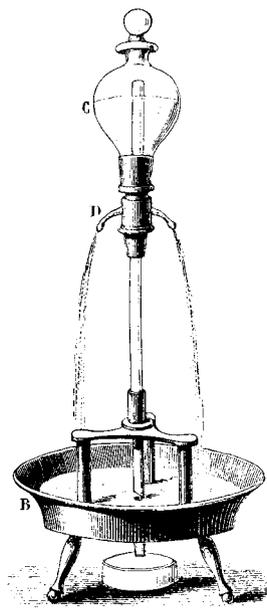
Loi ou phénomène ➤ Action de la pression atmosphérique sur un liquide.

Description ➤ Elle est formée d'un globe de verre (C) fermé par un bouchon rodé portant, à sa partie inférieure, deux ou trois tubulures étroites (D) par lesquelles se fait l'écoulement. Un tube de cristal, ouvert à ses extrémités, pénètre par l'une d'elles dans le globe (C), et vient aboutir par l'autre près d'un orifice de petit diamètre pratiqué au centre d'une cuvette de laiton (B) qui porte tout l'appareil.

Expérience ➤ Le globe (C) est rempli d'eau aux deux tiers environ, le liquide s'écoule d'abord par les orifices (D) ; en effet, la pression intérieure, en D, est égale à celle de l'atmosphère augmentée de la pression due à la colonne d'eau (CD). A l'extérieur, au même point, la pression est celle de l'atmosphère. Ces conditions persistent tant que l'orifice inférieur du tube est ouvert, car, par suite de cette communication, la pression de l'air à l'intérieur est égale à la pression de l'atmosphère.

Mais, l'orifice inférieur laissant écouler moins d'eau que n'en donnent les tubulures (D), le niveau s'élève peu à peu dans la cuvette, et le tube finit par plonger entièrement dans le liquide.

L'air extérieur ne pouvant plus alors pénétrer dans le globe (C), on se trouve dans le cas d'un écoulement au contact d'une masse d'air limitée : l'air s'y raréfie à mesure que l'écoulement continue, et il vient un moment où il y a égalité entre la pression intérieure et la pression extérieure. Alors l'écoulement s'arrête ; mais, la cuvette continuant à se vider, l'orifice inférieur du tube se trouve bientôt dégagé : l'air rentre et l'écoulement recommence.



H : 80 - D : 25

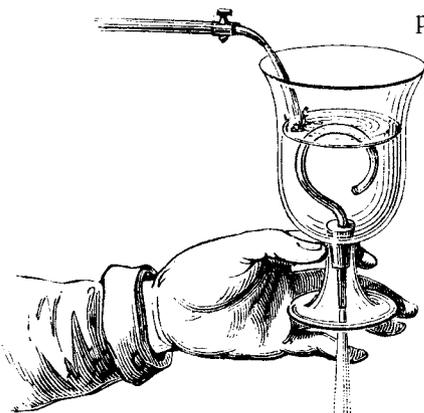
62 VASE DIABÈTE OU DE TANTALE

Loi ou phénomène ✦ Principe du siphon

Description ✦ Il consiste en un vase dans lequel on trouve un siphon dont la branche supérieure recourbée s'ouvre près du fond, tandis que l'autre traverse ce fond pour déboucher au dehors.

Expérience ✦ On alimente le vase par une source d'eau de débit constant, le niveau s'élève peu à peu dans le vase et dans la branche supérieure jusqu'au sommet du siphon. Celui-ci s'amorce alors par l'effet de la pression du liquide, et l'écoulement a lieu.

Si l'appareil est disposé de manière que le débit du siphon soit plus grand que celui du tube d'alimentation, le niveau baisse dans le vase, et la petite branche émerge bientôt : alors le siphon se désamorce et l'écoulement est interrompu. Mais, le vase continuant à être alimenté par la source à débit constant, le niveau s'élève de nouveau, et la même série de phénomènes se renouvelle périodiquement.



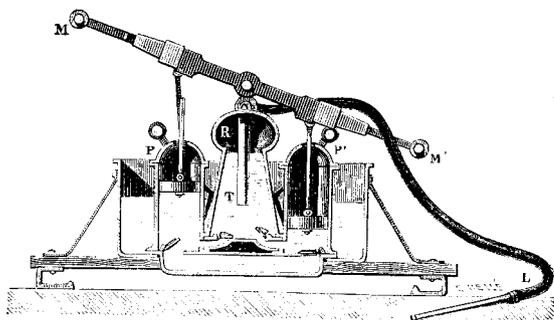
H : 15 - D : 9

63 POMPE INCENDIE

Fonction ↪ Puiser de l'eau dans un réservoir et la refouler sous forme d'un jet continu.

Description ↪ Elle est formée par la réunion de deux pompes aspirantes et refoulantes, dont les tuyaux latéraux viennent déboucher dans un réservoir central (R) contenant l'air. Dans l'eau du réservoir plonge un tube à l'extrémité supérieure duquel s'ajuste le tuyau en cuir qui forme le tuyau de la lance (L) de l'appareil. Cet ensemble est installé dans un réservoir portatif. Les deux tiges des pistons sont articulées à un double levier (MM').

Mode opératoire ↪ On remplit le réservoir portatif avec de l'eau que l'on apporte directement dans des seaux, en faisant la chaîne sur le lieu de l'incendie tandis qu'on actionne, à bras d'homme, le double levier, auquel on donne un mouvement alternatif ; de cette façon, l'eau arrive d'une manière continue dans le réservoir central (R). De plus l'air que celui-ci renferme répartit par sa pression les variations de vitesse du liquide, de façon à ce que le jet qui se produit à l'extrémité du tuyau de la lance ait une grande régularité.



H : 35 - L : 35 - L : 28

64

VASE DE MARIOTTE

Loi ou phénomène ➤ **Principe de Torricelli** : la vitesse d'un liquide qui s'échappe par un petit orifice percé en paroi mince est égale à celle qu'acquerrait un corps tombant librement dans le vide depuis la surface libre jusqu'au centre de l'orifice ($v^2 = 2gh$).

Description ➤ Il se compose d'un flacon, fermé par un bouchon que traverse un tube de verre ouvert à ses deux bouts. Sur la paroi du flacon sont alignées verticalement deux ou trois tubulures très courtes (a, b, c) à orifice étroit ; on peut fermer chacune d'elles à l'aide d'un petit tampon de bois.

Expérience ➤ On commence par remplir entièrement d'eau le vase et le tube jusqu'en (g). Nous supposons que l'orifice inférieur du tube vienne aboutir en (l), dans l'intervalle des tubulures (b) et (c).

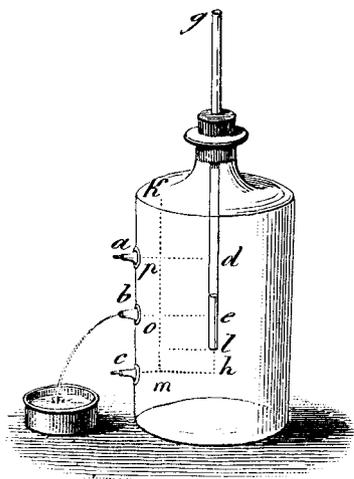
1°) L'orifice (b) est seul ouvert : si l'on ouvre d'abord la tubulure (b), il y a écoulement, le niveau baisse dans le tube (g), et dès que le niveau y est le même qu'en (b), l'écoulement s'arrête. Avant que l'écoulement ne commence, la pression sur tous les points de la tranche horizontale (be) n'était pas la même. En (e) elle se composait de la pression atmosphérique, plus le poids de la colonne d'eau (ge), tandis qu'en (b) la pression est seulement égale à celle de l'atmosphère. Dès que le niveau est le même en (e) et en (b), il y a équilibre, parce que, dans le flacon et dans le tube, la pression est la même en tout point de la tranche (be).

2°) L'orifice (a) est seul ouvert : si l'on ferme alors la tubulure (b) et qu'on ouvre la tubulure (a), il n'y a pas d'écoulement ; au contraire, l'air rentre dans le flacon par l'orifice (a), et l'eau remonte dans le tube (g) jusqu'à ce que l'équilibre soit rétabli et que la pression soit la même en tout point de la tranche (ad).

3°) L'orifice (c) est seul ouvert : les orifices (a) et (b) étant fermés, on ouvre l'orifice (c). Dans ce cas, l'eau s'écoule d'abord avec une vitesse décroissante jusqu'à ce que le niveau s'abaisse dans le tube (g) jusqu'en (l). À partir de cet instant l'écoulement continue avec une **vitesse constante** qui est donnée par la formule de Torricelli :

$$V^2 = 2gz \text{ en appelant } (z) \text{ la hauteur } (lh)$$

En même temps l'air entre bulle à bulle par l'orifice (l) et gagne alors la partie supérieure du flacon. Ce régime dure aussi longtemps que le niveau de l'eau dans le flacon n'est pas descendu au dessous de l'orifice (l). Cet écoulement constant s'explique par le fait que la charge, c'est-à-dire la pression qui s'exerce sur la tranche horizontale (mh), est invariablement égale à la pression de l'atmosphère, augmentée de celle de la colonne d'eau (hl).



Remarque

On peut se servir de cet appareil pour produire l'écoulement régulier d'un gaz. Dans ce cas, il faut chasser le gaz de son réservoir en y faisant arriver l'eau qui tombe du flacon.



H : 24 - D : 9

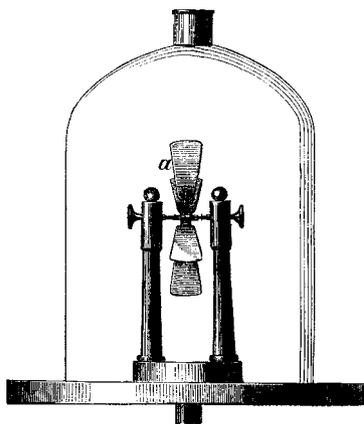
65

MOULINET DANS LE VIDE

Loi ou phénomène ↪ Effets de la résistance de l'air.

Description ↪ Il s'agit d'un appareil à ailettes (a), en laiton, mobile autour d'un axe horizontal. Le plan des ailes est parallèle à l'axe de rotation. Le moulinet est placé sous une cloche.

Expérience ↪ Si on donne une impulsion au moulinet, on le voit tourner d'une manière régulière mais ce mouvement de rotation finit par s'arrêter. Ce résultat est surtout dû à la résistance de l'air que contient la cloche, car, si l'on raréfie ce gaz au moyen d'une machine pneumatique, le mouvement dure beaucoup plus longtemps, et d'autant plus qu'on laisse moins d'air.



H : 18 - D : 10

ACOUSTIQUE



L'acoustique traite des propriétés, de la production, de la propagation et de la réception des sons.

Ce sont Bacon et Galilée qui, au XVII^{ème} siècle, en établissent les bases théoriques. Acoustique, électricité, informatique et optique réunies permettent la réalisation d'instruments musicaux de plus en plus performants et étonnants qui risquent d'envoyer bientôt nos instruments classiques aux rayons des musées !

Les ultrasons sont utilisés dans un grand nombre de domaines : la recherche fondamentale, pour étudier les propriétés de la matière; l'industrie pour le soudage, le nettoyage...; la médecine pour les examens par échographie; la marine pour détecter les bancs de poissons, les icebergs...

L'acoustique a de beaux jours devant elle !

66 MÉTRONOME

Fonction ➤ Marquer la mesure pour les musiciens.

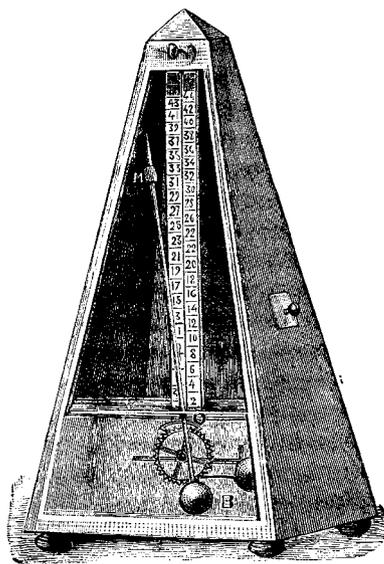
Description ➤ Il comporte une tige d'acier oscillant autour d'un axe (O) horizontal. Cette tige supporte à son extrémité inférieure une boule pesante (B) et au dessus de son axe, une masse (M) de position réglable.

Une échelle, placée sur l'instrument, indique le nombre d'oscillations par minute.

Un mouvement d'horlogerie couplé au pendule par une roue à échappement émet un bruit assez sec à chaque oscillation.

De plus un timbre, frappé toutes les 2,3 ou 4 oscillations, indique la mesure.

Mode opératoire ➤ Il suffit de déplacer la masse (M) face au nombre d'oscillations souhaité, de remonter le mécanisme d'horlogerie et de libérer la tige.



H : 22 - L : 10,5 - L : 10,5

constructeur
MAÉLZEL

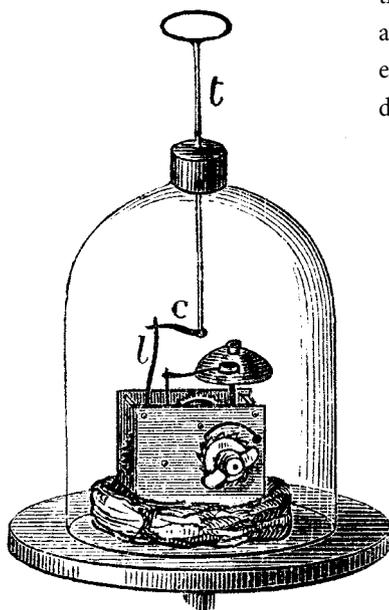
67

APPAREIL POUR L'ÉTUDE DU SON DANS LE VIDE

Loi ou phénomène ↪ Le son ne se propage pas dans le vide.

Description ↪ Il s'agit d'un petit système de rouages, mu par un ressort, qui fait battre un marteau sur un timbre. Un levier (l) arrête le mouvement quand il est pressé contre une des roues. Ce système est posé sur un coussin rempli de matière non élastique, pour empêcher les vibrations de se transmettre à la platine de la machine pneumatique, et de là, à l'air extérieur. La cloche porte à sa partie supérieure une boîte à cuir traversée par une tige (t) dont l'extrémité inférieure est prolongée par un crochet (c) qui permet d'actionner le levier (l).

Expérience ↪ On place ce système sous la cloche de la machine pneumatique et après avoir fait le vide dans le récipient, on enclenche le mécanisme en déplaçant le levier (l) au moyen de la tige (t) ; on voit alors le marteau battre vivement le timbre, et cependant l'on n'entend aucun son. Si on laisse rentrer un peu d'air, on commence à entendre un son faible ; en laissant rentrer davantage, le son est plus distinct et d'autant plus que la quantité d'air est plus considérable.



H : 15 - L : 10 - L : 7



Remarque

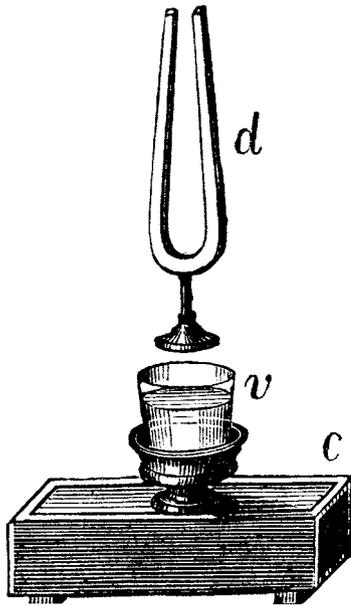
Mersenne et les académiciens de Florence croyaient que le son se propageait dans le vide. Otto de Guericke a prouvé, en faisant un vide plus poussé, qu'il n'en est pas ainsi ; mais il se trompa, en attribuant le son à une effluve de matière subtile lancée par les corps sonores. Boyle a démontré que l'air est le véhicule du son et qu'il doit cette propriété à son élasticité.

68 APPAREIL POUR MONTRER LA TRANSMISSION DES SONS À TRAVERS LES LIQUIDES

Loi ou phénomène ➤ Transmission des sons à travers les liquides.

Description ➤ Il se compose d'une caisse de résonance (C) en bois, ouverte à une de ses extrémités, qui renforce le son d'un diapason (d). Cette caisse porte en son centre un réceptacle en bois qui peut contenir un vase (v) en verre.

Expérience ➤ Si on appuie le pied du diapason vibrant (d) en un point quelconque de la caisse de résonance (c), le son est renforcé par la communication du mouvement vibratoire du diapason à la caisse et à l'air qu'elle contient. Le pied du diapason étant ensuite appuyé sur la surface d'un liquide contenu dans le vase (v), le renforcement du son se produit comme si l'instrument était en contact direct avec la caisse ; les liquides transmettent donc les vibrations.



H : 36 - L : 31 - L : 12

constructeur
J. LANCELOT, PARIS

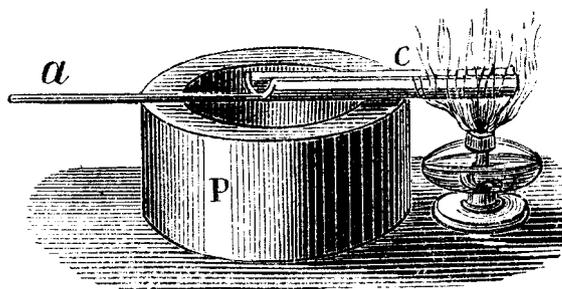
69

HARMONICA THERMIQUE DE TREVELYAN

Loi ou phénomène ✦ Sons produits par des chocs très rapprochés quand on appuie un corps très chaud sur un corps froid.

Description ✦ Il se compose d'une masse de plomb de forme annulaire (P) sur laquelle est posée une barre de laiton ou de fer, travaillée en forme de gouttière (C) et fixée au bout d'une tige (a).

Expérience ✦ On chauffe fortement la barre de laiton et on la place sur la masse de plomb : la barre se met à vibrer, en même temps qu'un son musical se fait entendre. Les vibrations sont dues à la dilatation brusque du plomb froid au point de contact avec le laiton chaud. Cette dilatation repousse vivement la gouttière qui retombe sur un autre point du plomb ; une nouvelle dilatation se produit en ce point, de là une nouvelle répulsion et ainsi de suite. Il en résulte une série de chocs assez rapprochés pour faire naître un son.



H : 8 - D : 10 (CYLINDRE PLOMB)
L : 31 - L : 3 (TIGE GOUTTIÈRE)



Remarque

Ce phénomène, découvert en 1805, par Schwartz, avec un lingot d'argent qu'il avait posé sur une enclume, pour le faire refroidir plus promptement, a été observé par Trevelyan en 1829. Le son qui se produit dans cette expérience, connue généralement sous le nom d'expérience de Trevelyan, a été expliqué par Faraday avant même les expériences de Tyndall.

70

SIRÈNE DE CAGNIARD-LATOUR

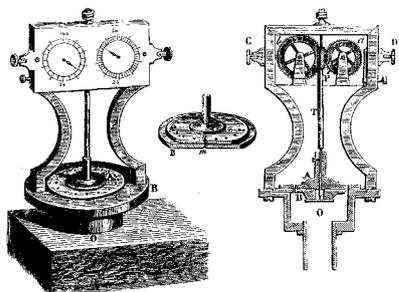
Fonction ➤ Mesurer la fréquence d'un son.

Description ➤ C'est une petite boîte cylindrique qui peut communiquer par sa base avec une soufflerie. Le plateau couvercle de cette boîte est percé de seize trous inclinés.

Sur ce plateau s'applique à frottement doux, un disque mobile, présentant le même nombre de trous inclinés en sens inverse.

Au centre de ce disque mobile est fixé un axe se terminant en vis sans fin entraînant des roues dentées associées à des aiguilles qui tournent devant des cadrans gradués. Cadrans et aiguilles constituent un compte-tours pour le disque.

Mode opératoire ➤ De l'air est soufflé dans la boîte, ce qui entraîne une rotation plus ou moins rapide du disque provoquant au niveau de celui-ci une succession d'écoulements d'air, chaque fois que les trous du plateau et du disque sont face à face. L'air entre en vibration et émet un son dont on peut déterminer le nombre de vibrations par seconde, en multipliant le nombre de trous du plateau par le nombre de tours effectués par le disque pendant une seconde. Pour connaître le son émis par un instrument, on met la sirène à l'unisson avec l'instrument en agissant sur la soufflerie et on détermine comme indiqué précédemment, le nombre de vibrations par seconde.



H : 32,5 - L : 7 - D : 11



Remarque

Cagniard-Latour a donné le nom de sirène à cet instrument parce qu'on peut lui faire rendre des sons sous l'eau.

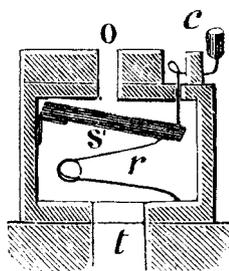
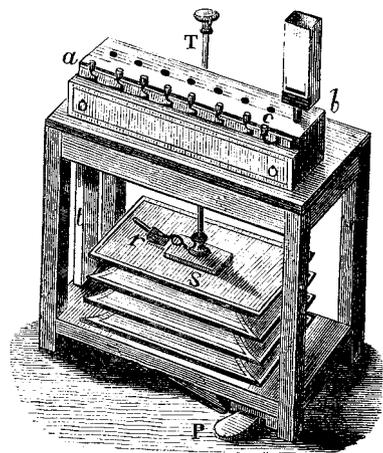
constructeur
DELEUIL, À PARIS

71 SOUFFLERIE

Fonction ↪ Produire un courant d'air pour alimenter des tuyaux sonores.

Description ↪ Sous une table est disposé un soufflet à vent continu (S) que l'on enfle, soit au moyen de la pédale (P), soit en soulevant la tige (T). Le poids de la partie supérieure comprime ensuite l'air, qui passe par le tube (t) et se rend dans une caisse rectangulaire appelée «sommier» (ab) portant des trous auxquels on adapte les tuyaux. Des soupapes (S') (voir deuxième figure) ferment les trous sur lesquels le ressort (r) les tient appliquées. Un bouton (c) permet, en l'abaissant, d'écarter la soupape et par l'orifice (O) de faire sortir l'air dont la pression est modifiée en agissant sur la tige (T).

Mode opératoire ↪ Il suffit d'actionner la pédale (P) pour enfler la soufflerie, d'ouvrir un des orifices à l'aide des boutons (c) et d'agir sur la tige (T) pour modifier la pression de sortie de l'air.

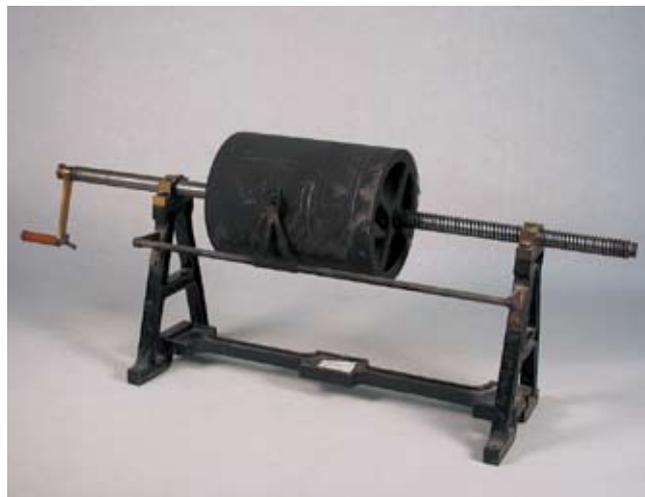
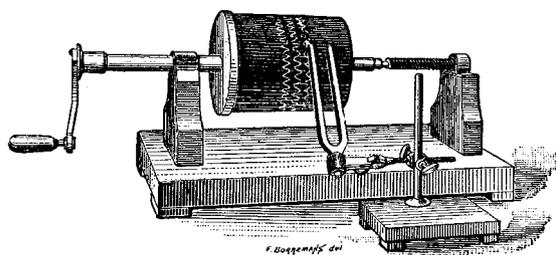


H : 200 H' : 104 (SANS LES TUYAUX)
L : 80 - L : 44

72

CYLINDRE CHRONOGRAPHIQUE

- Fonction** ✦ Mesurer graphiquement la fréquence d'un phénomène vibratoire.
- Description** ✦ Il s'agit d'un cylindre métallique muni d'une manivelle sur lequel est enroulée une feuille de papier couverte de noir de fumée. Par la suite l'appareil a été perfectionné : le cylindre est mis en mouvement très régulier à l'aide d'un mécanisme d'horlogerie et le support de l'instrument vibrant, ou le cylindre, se déplace mécaniquement.
- Mode opératoire** ✦ On adapte, par exemple, à un diapason un petit style qui touche légèrement le noir de fumée et on le déplace, lentement parallèlement à l'axe du cylindre, pendant qu'on fait tourner ce dernier. Lorsque le diapason vibre, il inscrit une courbe sinuieuse (appelée sinusoïde). On mesure la durée de l'expérience avec un chronomètre et sur la feuille déroulée on compte le nombre de vibrations doubles par seconde, ce qui mesure la fréquence.



H : 37 - L : 92 - L : 22
L : 23 - D : 18 (CYLINDRE)



Remarque

- On peut aussi disposer l'appareil de façon à inscrire à côté des vibrations les oscillations d'un balancier qui bat la seconde.
- Le cylindre chronographique est très usité par les physiologistes pour inscrire les mouvements du pouls et autres organes, grâce à des systèmes de transmission dont les plus importants sont dus à Marey.

73

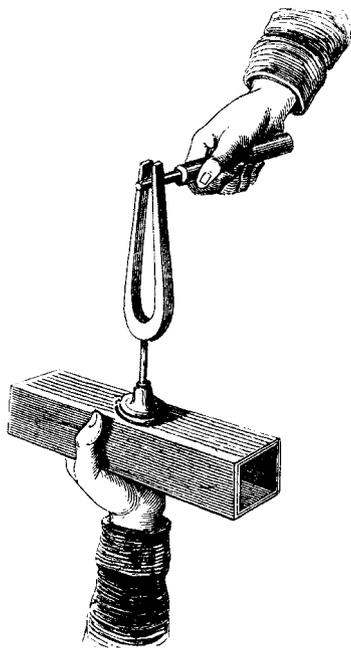
DIAPASON SUR BOÎTE DE RÉSONANCE

Fonction ↪ Émettre une note de référence pour permettre de régler les instruments de musique.

Description ↪ Il s'agit d'une tige d'acier recourbée, en forme de pincette. Elle est fixée sur une caisse rectangulaire en sapin, de dimensions adaptées et fermée à l'une de ses extrémités, appelée boîte de résonance.

Mode opératoire ↪ On fait vibrer le diapason en écartant brusquement ses deux branches au moyen d'un cylindre de fer qu'on passe de force entre elles. Les deux branches, ainsi écartées de leur position d'équilibre, y reviennent en vibrant et produisent un son de hauteur constante pour chaque diapason.

La boîte de résonance a pour effet de renforcer le son de référence et ainsi de masquer le son suraigu qui se produit au moment du choc subi par le diapason.



H : 21 - L : 16 - L : 8,5 (UT4)
 H : 23,5 - L : 21 - L : 10 (SOL3)
 H : 26 - L : 25 - L : 11 (MI3)
 H : 29,5 - L : 31 - L : 11,5 (UT3)



Remarque

La hauteur du La3 a évolué au cours du temps (435 Hz en 1859, 440 Hz depuis 1939).

constructeur
 RUDOLPH KCENIG, PARIS

74

SONOMÈTRE

Loi ou phénomène ✦ La fréquence de vibration d'une corde tendue est inversement proportionnelle à sa longueur. De plus, cette fréquence est proportionnelle à la racine carrée du rapport entre la force de tension et la masse linéique de la corde (masse par unité de longueur).

Description ✦ Il se compose d'une caisse de bois mince, destinée à renforcer le son. Entre deux chevalets fixes (A) et (B) distants de 1m, sont placées une ou plusieurs cordes tendues soit à l'aide d'une vis (b) soit à l'aide de poids (P) suspendus qu'on augmente jusqu'à ce que la corde ait la tension voulue ; dans ce dernier cas la corde passe sur une poulie. Un chevalet mobile (C) peut être déplacé, le long d'une règle divisée, sous la corde pour faire varier la longueur de la partie vibrante.

Expérience ✦ 1°) Loi des longueurs : les fréquences relatives des notes de la gamme Do Ré Mi Fa Sol La Si Do sont dans les rapports suivants : $1 \ 9/8 \ 5/4 \ 4/3 \ 3/2 \ 5/3 \ 15/8 \ 2$.

Si on fait vibrer la corde du sonomètre d'abord dans son entier, puis ensuite en lui donnant, à l'aide du chevalet mobile, les longueurs $8/9, 4/5, 3/4, \dots$, inverses des nombres ci-dessus, on obtient toutes les notes de la gamme ce qui vérifie la première loi.

2°) Loi des tensions : on place sur le sonomètre deux cordes identiques, on les tend par des poids qui sont entre eux comme 4 et 9 ; la deuxième donne une note à la quinte de la première : on conclut que les fréquences sont entre elles comme 2 et 3 c'est-à-dire comme les racines carrées des tensions.



H : 33 - L : 136 - L : 17



Remarque

On peut vérifier les autres lois par des méthodes semblables.

constructeur
LEREBOURS ET SECRETAN

75

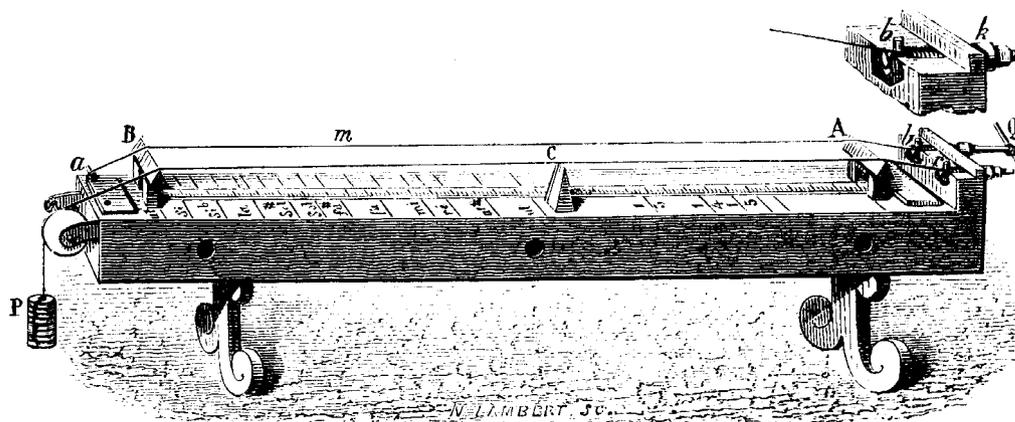
SONOMÈTRE DIFFÉRENTIEL DE MARLOYE

Fonction ↗ Déterminer la fréquence d'un son donné.

Description ↗ En réalité ce sonomètre comporte trois règles divisées : la première donne la gamme chromatique tempérée (basée sur $La_3 = 435$ Hz à l'époque) la seconde la gamme chromatique vraie (basée sur $Do_3 = 256$ Hz à l'époque) et la troisième est un mètre gradué en millimètres.

Mode opératoire ↗ Au moyen d'une cheville, on tend une corde de manière à lui faire émettre un son à l'unisson ou à l'octave du son d'un diapason dont on connaît la fréquence de vibration. On place le chevalet mobile de manière à obtenir l'unisson du son qu'on cherche à identifier. On repère alors sur l'échelle qui donne la gamme chromatique, à quelle note ce son correspond ; on connaît ainsi le rapport entre sa fréquence et celle du son fondamental.

On peut aussi en se servant de l'échelle métrique, obtenir la fréquence du son à partir de la longueur de la partie vibrante de la corde.



76

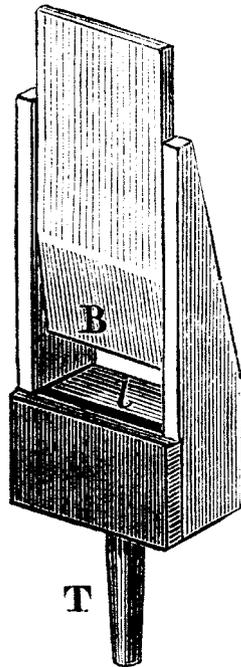
MODÈLE D'EMBOUCHURE DE FLûTE

Loi ou phénomène ✦ Dans une embouchure de flûte la hauteur du son dépend à la fois de la distance de la lèvre supérieure porteuse du biseau (B) à la lèvre inférieure (I) et de la vitesse du courant d'air

Description ✦ Il s'agit d'une embouchure dont la lèvre (B) est mobile

Expérience ✦ Si l'on fait glisser peu à peu la lèvre (B) pour la rapprocher de la lumière, le son monte d'une manière continue.

Il en est de même quand, la lèvre étant fixe, on augmente la vitesse du courant d'air.



H : 4,5 - L : 29 - l : 6,5

constructeur
LANCELOT, PARIS



H : 5 - L : 29 à 43 - l : 8

constructeur
RUDOLPH KENIG, À PARIS

77 TUYAU À COULISSE

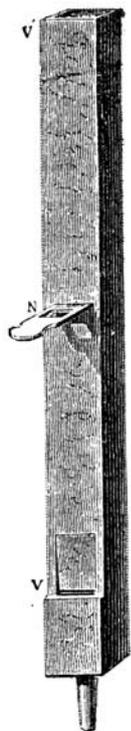
Loi ou phénomène ✦ Le son fondamental rendu par un tuyau fermé est le même que celui rendu par un tuyau ouvert de longueur double.

Description ✦ Il s'agit d'un tuyau ouvert aux deux bouts, muni en son milieu d'un diaphragme à coulisse, percé d'une ouverture carrée égale à la section du tuyau.

Expérience ✦ Lorsque le diaphragme ferme le tuyau, on a le son fondamental d'un tuyau fermé de longueur l .

Lorsque le diaphragme est ouvert, on a le son fondamental d'un tuyau ouvert de longueur $2l$.

Or, dans les deux cas, le son est le même.



H : 47 - L : 12 - L : 4,5

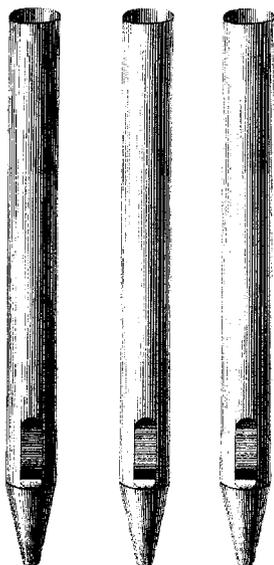
78

TUYAUX POUR L'ÉTUDE de l'influence des parois

Loi ou phénomène ➤ La hauteur du son rendu par un tuyau sonore ne dépend pas de la substance de ses parois si elles sont suffisamment épaisses.

Description ➤ Il s'agit de trois tuyaux identiques de même longueur et de même diamètre, à embouchure de flûte : un en bois, l'autre en laiton et le dernier en carton épais.

Expérience ➤ On les dispose sur une soufflerie et on constate que les trois sons rendus sont à la même hauteur.



L : 35 - D : 3



Remarque

Si la paroi du tuyau est très mince, l'influence se fait sentir. Un tuyau identique aux précédents, formé par une feuille de papier, rendrait un son plus grave.

constructeur
RUDOLPH KÖNIG

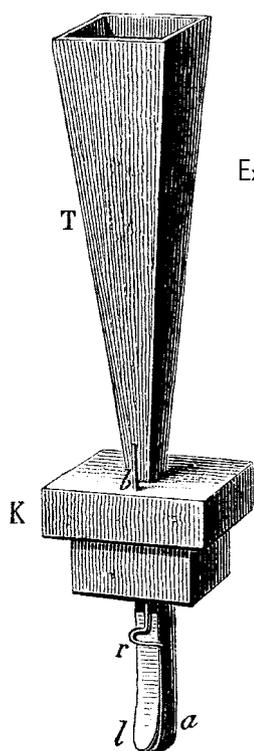
79

TUYAU À ANCHE BATTANTE

Loi ou phénomène ✨ Exciter les colonnes d'air au moyen de lames élastiques nommées anches.

Description ✨ L'anche battante se compose d'une pièce de bois ou de métal (a) qu'on nomme la «rigole», creusée en forme de cuiller dans le sens de sa longueur. Elle est fixée à une espèce de bouchon (K) percé d'un trou qui fait communiquer la cavité de la rigole avec un long tuyau de forme pyramidale (T). La rigole est recouverte d'une lame de laiton (l), mince et flexible, qu'on nomme la «languette». Celle-ci, dans sa position ordinaire, est légèrement écartée des bords de la rigole, mais elle peut s'en rapprocher facilement et la fermer. À sa partie inférieure s'applique la rasette : un fil de fer recourbé (r). Cette rasette permet de modifier la longueur vibrante de la languette et son écartement, ce qui modifie sa fréquence de vibration. L'anche peut être adaptée en haut d'un tuyau rectangulaire ou «porte-vent», fixé sur le sommier d'une soufflerie.

Expérience ✨ On fait arriver l'air dans le porte-vent, il passe d'abord entre la languette et la rigole pour s'échapper par le tuyau (T) ; puis, la vitesse du courant s'accroissant, la languette vient frapper les bords de la rigole, la ferme et empêche le courant de passer ; puis la languette revient sur elle-même, est entraînée de nouveau aussitôt que le courant passe, et ainsi de suite : il en résulte un son d'autant plus aigu que le courant d'air est plus vif et les vibrations de la languette plus nombreuses.



H : 50 - L : 4,5 - L : 4,5
H : 63 - L : 7,5 - L : 7,5
(TUYAU RENFORÇATEUR)

80

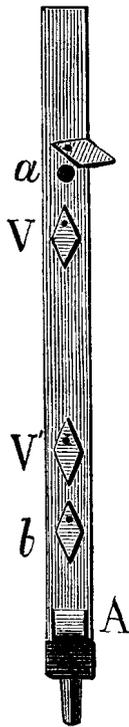
TUYAU POUR L'ÉTUDE DES NŒUDS ET DES VENTRES

Loi ou phénomène ➤ Il se forme dans les tuyaux sonores :

- des nœuds fixes où la vitesse vibratoire est constamment nulle mais où la compression et la dilatation est plus grande que dans toute autre tranche voisine, au même instant.
- des ventres fixes où la vitesse vibratoire est plus grande qu'en toute autre tranche voisine, au même instant, mais où il n'existe, à aucun instant, ni compression, ni dilatation.

Description ➤ Il s'agit d'un tuyau ouvert présentant dans l'une de ses faces une série de petites ouvertures transversales (a), (V), (V'), (b) que l'on peut ouvrir ou fermer à volonté au moyen de petites plaques de bois.

Expérience ➤ On fait rendre au tuyau l'un de ses harmoniques ; on constate que l'on peut démasquer certaines de ces ouvertures, sans que le son en soit modifié. Les tranches d'air correspondantes sont précisément celles où se forment des ventres pour l'harmonique dont il s'agit : il ne s'y produit ni compression ni dilatation puisqu'on peut mettre ces points en communication avec l'air extérieur sans altérer le son.



H : 70 - L : 3,5 - L : 3

constructeur
LANCELOT, PARIS

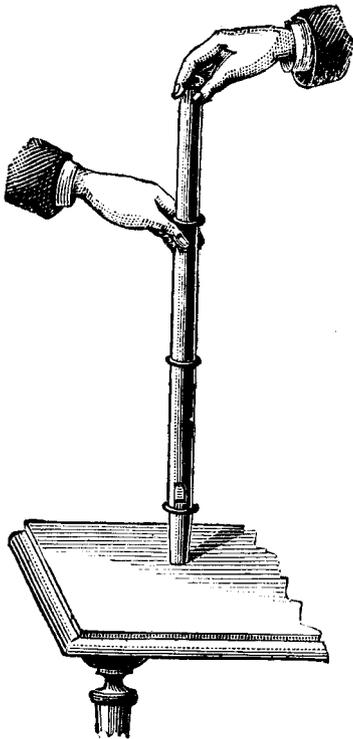
81

FLûTE DE PALISSANDRE

Loi ou phénomène ↪ La colonne d'air, à l'intérieur d'un tuyau ouvert rendant un de ses harmoniques, se partage en parties d'égale longueur, vibrant à l'unisson et comprises entre deux ventres consécutifs.

Description ↪ Elle se compose de plusieurs tubes en palissandre, d'égale longueur, vissés les uns au bout des autres.

Expérience ↪ S'il y a trois tubes, et qu'on fasse rendre à la flûte son troisième harmonique, on peut enlever le tube supérieur en le dévissant : la hauteur du son n'est pas modifié pour cela ; on peut enlever de même le second tronçon sans qu'il en résulte aucun changement appréciable dans l'acuité. Donc la masse gazeuse était elle-même, avant qu'on en diminue l'étendue, divisée en trois parties de même longueur qui vibraient séparément, comme elles l'auraient fait dans un tuyau de longueur $1/3$ rendant le son fondamental.



(5 TUBES) L : 13,5 - D : 1,7

82

FLAMMES MANOMÉTRIQUES DE KÖENIG

Loi ou phénomène ✦ État vibratoire de l'air contenu dans un tuyau sonore.

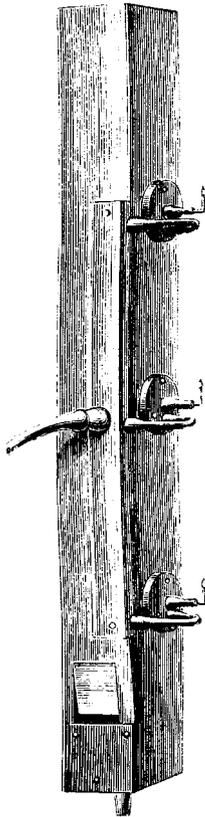
Description ✦ Sur une des parois d'un tuyau sonore rectangulaire se trouve une chambre alimentée en gaz d'éclairage par un tuyau en caoutchouc.

De cette chambre partent trois tubes de caoutchouc qui conduisent le gaz à autant de capsules fixées dans la paroi du tuyau sonore et sur chacune desquelles est fixé un bec de gaz. La membrane constituant le fond des capsules, en contact avec l'air du tuyau, vibre de la même façon.

Expérience ✦ Les trois becs étant allumés, si l'on fait d'abord émettre au tuyau le son fondamental : les deux becs extrêmes brûlent avec une flamme stable, la flamme du bec central s'agite et s'éteint.

Si l'on recommence l'expérience en soufflant tout d'un coup avec force pour obtenir le son plus aigu correspondant à l'harmonique immédiatement supérieur alors les flammes des becs extrêmes s'éteignent, celle du bec central restant allumée et stable.

Aux points où la flamme est stable, l'air ne vibre pas (noeuds de vibrations) ; aux points où la flamme s'éteint, l'air vibre beaucoup (ventres de vibrations).



H : 84 - L : 10 - L : 8

constructeur
LANCLOT, PARIS

83

PLAQUES VIBRANTES POUR FIGURES DE CHLADNI

Loi ou phénomène ✦ Sur toute plaque ou membrane, mise en vibration, apparaissent des parties vibrantes, séparées par des lignes nodales ou de repos.

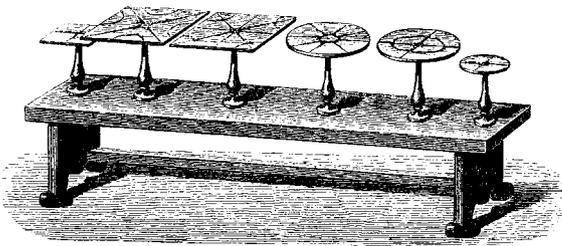
Description ✦ Des plaques métalliques de formes géométriques différentes sont fixées en leur centre sur un pied en bois.

Expérience ✦ On recouvre la plaque d'une fine couche de sable et on la fait vibrer avec un archet frottant sur un bord. Le sable quitte alors les parties vibrantes et vient se déposer sur les lignes nodales.

Pour des plaques de même matière, de forme semblable, donnant la même figure, les nombres de vibrations sont proportionnels à l'épaisseur e et inversement proportionnels à la surface s .

$$N = k \frac{e}{s}$$

PLAQUES :
L : 19 - L : 19 - E : 0,3
L : 9,5 - L : 9,5 - E : 0,15
L : 19 - L : 19 - E : 0,15



H : 42 - L : 52 - L : 19



Remarque

Ainsi Napoléon fut à l'origine de la première récompense officielle attribuée à une femme de science : Sophie Germain (1776-1831). En 1808, Chladni présente ses travaux à l'Institut en présence de Napoléon qui est tellement impressionné qu'il fait accorder à Chladni une récompense de 6000 francs. L'Empereur crée un prix de 3000 francs (soit 1kg d'or), accordé à qui proposera une théorie mathématique des plaques vibrantes susceptible d'expliquer les figures de Chladni. C'est la mathématicienne française, Sophie Germain, connue sous le pseudonyme de Monsieur Leblanc, qui remporta le prix en 1815.

constructeur
SECRETAN, PARIS

84

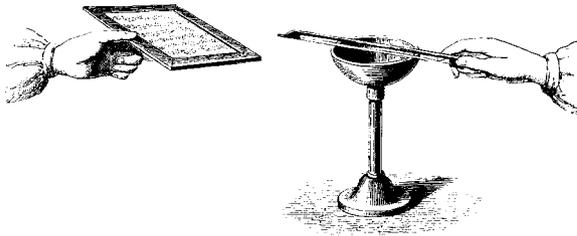
TIMBRE POUR VIBRATION DES MEMBRANES

Loi ou phénomène ✦ Toute membrane que l'on fait vibrer se partage en parties vibrantes, séparées par des lignes nodales ou de repos.

Description ✦ Un timbre en airain fixé en son centre sur un support et un archet. Une membrane tendue sur un cadre en bois.

Expérience ✦ On recouvre la membrane d'une légère couche de sable et on fait vibrer le timbre avec un archet. Le sable abandonne les parties vibrantes et vient se déposer sur les lignes nodales.

Une membrane peut donc vibrer sous l'influence des vibrations qu'imprime à l'air un timbre sonore.



L : 30 - D : 16,5

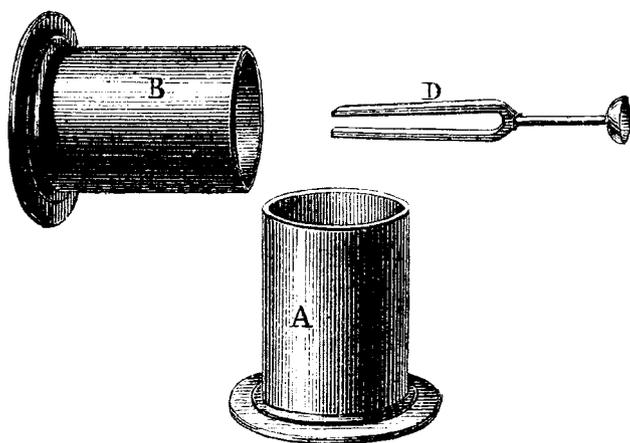
85

CYLINDRES RENFORÇATEURS

Loi ou phénomène ✦ Interférences d'ondes sonores : si on fait arriver à l'oreille deux ondes cohérentes de même amplitude, et de même fréquence mais en opposition de phase, aucun son ne sera perçu.

Description ✦ Ce sont deux cylindres (A) et (B) identiques, en carton, avec un fond en bois d'un côté et ouvert de l'autre. Leur capacité est telle, que l'air qui y est contenu vibre à la même hauteur qu'un certain diapason (D).

Expérience ✦ Si on place le cylindre (A) au dessous du diapason (D) on constate que le son produit par ce dernier est renforcé. Si cependant les deux cylindres sont placés à angle droit, comme l'indique la figure, on entend à peine le diapason ; le son devient assez intense, au contraire, lorsqu'on enlève l'un ou l'autre des cylindres ; seulement lorsque les sons produits par la résonance de ces cylindres coexistent, ils interfèrent, et leurs effets s'annulent réciproquement.



H : 26 - D : 17,5
H : 14,5 - D : 21

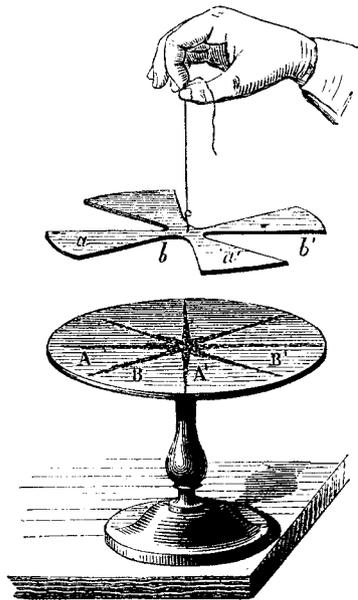
86

APPAREIL POUR EXPÉRIENCE DE LISSAJOUS

Loi ou phénomène ✦ Lorsqu'une plaque est mise en vibration, les lignes nodales partagent celle-ci en un certain nombre de parties vibrantes telles que les vibrations sont de sens contraire dans deux segments consécutifs.

Description ✦ Il se compose d'une plaque métallique circulaire fixée sur un pied et d'une plaque de carton formée par exemple de quatre secteurs (a, a', a'', a''').

Expérience ✦ Supposons qu'on fasse rendre à la plaque circulaire un son correspondant à un système de quatre lignes nodales diamétrales : la plaque sera divisée en huit secteurs égaux. Si deux secteurs contigus, tels que (A) et (B), vibrent en sens inverse, c'est-à-dire si l'un d'eux s'infléchit au-dessous du plan primitif de la plaque au moment où l'autre se courbe au-dessus de ce plan, ils enverront à l'oreille des sons dont les vitesses seront de sens contraire et qui se détruiront en partie. Pour le vérifier, Lissajous a eu l'idée de placer un peu au-dessus de la plaque circulaire le carton formé des quatre secteurs (a, a', a'', a''') qui correspondent aux parties (A, A', A'', A''') de la plaque



métallique circulaire. Le carton arrête les vibrations déterminées dans l'air par les secteurs (A), et ne laisse arriver à l'oreille que les mouvements concordants déterminés par les secteurs (B) : on constate que l'on entend alors un son beaucoup plus intense.



H : 21 - L : 19 - L : 19

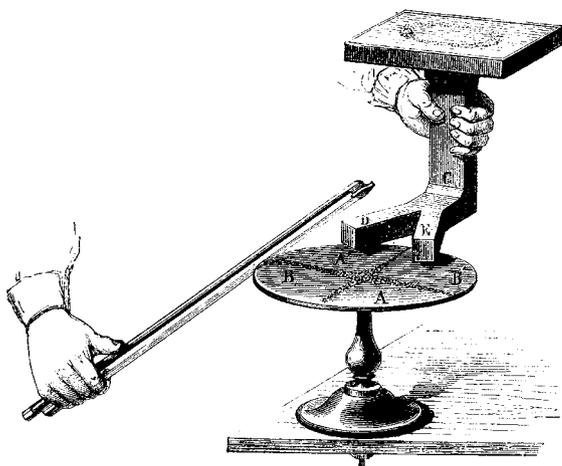
87

TUBE BIFURQUÉ DE HOPKINS

Loi ou phénomène ↪ Lorsqu'une plaque est mise en vibration, les lignes nodales partagent celle-ci en un certain nombre de parties vibrantes telles que les vibrations sont de sens contraire dans deux segments consécutifs.

Description ↪ Il s'agit d'un tuyau bifurqué (DEC), capable de rendre le même son que la plaque. Il est terminé par une boîte rectangulaire ouverte à la partie supérieure sur laquelle est tendue une membrane.

Expérience ↪ Supposons qu'on fasse rendre à la plaque circulaire le son correspondant à un système de deux lignes nodales diamétrales : la plaque sera divisée en 4 secteurs égaux (A), (B), (A'), (B'). Si on place ses extrémités (D) et (E) au dessus de deux plages contiguës (A') et (B'), par exemple, le tuyau bifurqué ne rend aucun son car les vibrations sont en opposition de phase dans ces deux segments consécutifs. Par contre, si on les place au dessus des plages (A) et (A'), le tuyau résonne au maximum car ces plages ont, au même moment, la même phase de vibration.



H : 28 - L : 22 - L : 22

constructeur
LANCELOT, 70 AVENUE DU MAINE
CONSTRUCTEUR, PARIS

88

RÉSONATEUR DE HELMHOLTZ

Loi ou phénomène ✦ Tout corps capable de produire une note donnée, vibre aussitôt que la même note est produite à une certaine distance par un instrument autre: c'est la résonance.

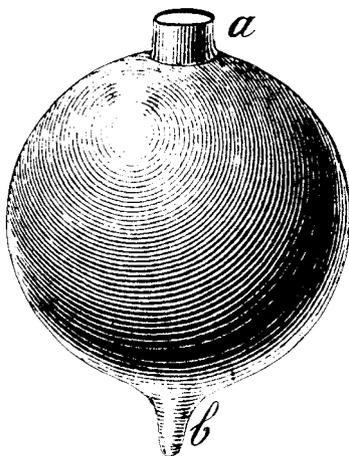
Description ✦ Ce sont des sphères creuses présentant une tubulure (a) chargée de recueillir les sons. À l'opposé de cette tubulure se trouve un petit appendice creux que l'on introduit dans l'oreille.

Plus les résonateurs sont petits, plus le son qu'ils peuvent rendre est aigu.

Remarque : l'appendice peut être relié à une capsule manométrique dont la flamme s'agite lorsque le résonateur est excité.

Expérience ✦ - Si l'on produit successivement, devant une série de résonateurs, différents sons simples, on constate qu'à chaque expérience, il y a un résonateur qui réagit on dit qu'il parle : c'est celui qui est à l'unisson du son produit. Les autres restent muets.

- Si l'on produit devant les résonateurs un son «composé», c'est-à-dire un son comprenant un son fondamental et plusieurs harmoniques, on constate que ceux des résonateurs qui sont à l'unisson du son fondamental et de ses harmoniques, se mettent à parler, les autres restent silencieux.



H : 8 À 35 - D : 3 À 20

89

LAMES EN LAITON OU EN BOIS pour vibrations transversales

Loi ou phénomène ✦ Dans les lames qui vibrent transversalement, le nombre de vibrations est inversement proportionnel au carré des longueurs et proportionnel à l'épaisseur, quelle que soit la largeur.

Description ✦ Il s'agit de quatre lames en laiton que l'on fait vibrer en les posant sur un support constitué par deux chevalets.

- Les deux premières lames ont la même longueur (20,2 cm), la même épaisseur (0,25 cm) et des largeurs différentes (2,3 cm et 3,0 cm).

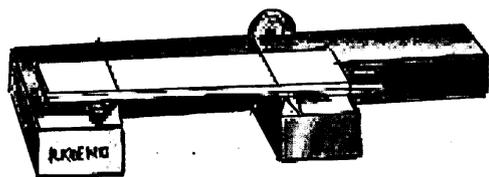
- La troisième a la même longueur (20,2 cm) que les deux premières mais une épaisseur double (0,50 cm).

- La quatrième a la même épaisseur (0,25 cm) que les deux premières mais sa longueur (14,5 cm) est dans le rapport $\sqrt{2}/2$ avec la première.

Expérience ✦ - On fait vibrer les deux premières lames et on constate qu'elles donnent la même note, donc le nombre de vibrations ne dépend pas de la largeur.

- On fait vibrer la troisième et on constate qu'elle donne la même note que les deux premières mais à l'octave supérieure, donc le nombre de vibrations est proportionnel à l'épaisseur.

- On fait vibrer la quatrième et on constate qu'elle donne la même note que les deux premières mais à l'octave supérieure, donc le nombre de vibrations est inversement proportionnel au carré des longueurs.



Remarque

On peut tenir le même raisonnement avec les lames de bois.

LAITON

L : 20,2 - L : 2,3 - E : 0,25
L : 20,2 - L : 3 - E : 0,25
L : 20,2 - L : 2,3 - E : 0,5
L : 14,5 - L : 2,3 - E : 0,25

BOIS

L : 27,9 - L : 3,5 - E : 0,75 UT4
L : 27,9 - L : 5 - E : 0,75 UT4
L : 27,9 - L : 3,5 - E : 1,5 UT5
L : 19,5 - L : 3,5 - E : 0,75 UT5

90 8 LAMES EN BOIS

En lançant ces lames sur le sol, on perçoit toute la gamme.

L : 3,2 - E : 0,7
L : 20,4 (UT)
L : 19,4 (RE)
L : 18,5 (MI)
L : 17,5 (FA)
L : 16,5 (SOL)
L : 15,5 (LA)
L : 14,3 (SI)
L : 13,4 (UT)



91 4 TUYAUX SONORES RECTANGULAIRES FERMÉS



H : 9,5 - L : 16 - L : 9,5 (MI3)
H : 5,2 - L : 10,5 - L : 5,2 (MI3)



H : 9,5 - L : 16 - L : 5,2 (LA3)
H : 5,2 - L : 16 - L : 9,5 (LA3)

92

3 TUYAUX SONORES AVEC TROU À GLISSIÈRE

H : 63 - L : 6,3 - L : 5,5 (RE3)
 H : 39,2 - L : 4,2 - L : 3,7
 (UT4)
 H : 31,5 - L : 3,8 - L : 3,3 (FA4)

constructeur
 LANCELOT, PARIS



93

ENSEMBLE DE TUYAUX SONORES

constructeur
 LANCELOT, À PARIS

94 4 TUYAUX SONORES

H : 32,3 - L : 4,6 - L : 4,2 (UT4)
 H : 27 - L : 3,5 - L : 3,3 (MI4)
 H : 23 - L : 3,2 - L : 2,9 (SO4)
 H : 18,6 - L : 2,4 - L : 2,2 (UT5)

constructeur
 LEREBOURS ET SECRÉTAN, À
 PARIS



95 2 TUYAUX SONORES

H : 30,5 - L : 5 - L : 4,5 (UT4)
 H : 24,5 - L : 4,3 - L : 3,5 (UT4)

constructeur
 MARLOYE & CIE, À PARIS

CHALEUR



C'est la science qui étudie les transferts d'énergie sous forme de chaleur et qu'on appelle thermodynamique depuis la fin du XIX^{ème} siècle.

Dans l'hypothèse de «l'émission» soutenue par Newton, la cause de la chaleur est attribuée à un fluide invisible, appelé le «calorique» par le célèbre chimiste Lavoisier et le physicien Sadi Carnot.

Dans l'hypothèse des «ondulations» qui suppose aussi un fluide invisible appelé «éther», on admet que les dernières molécules des corps sont animées d'un mouvement vibratoire qui engendre la chaleur et la propage dans cet éther.

Cette dernière hypothèse finit par s'imposer au XIX^{ème} siècle où l'on découvre des similitudes entre la lumière visible et la chaleur rayonnante et où l'on distingue enfin chaleur et température.

Cette science a permis la conception des moteurs et leur évolution, de la machine à vapeur aux moteurs de fusée ou de voiture de Formule 1 actuels.

De nombreuses recherches continuent dans le domaine des matériaux isolants notamment dans la perspective de la réalisation d'économies d'énergie.

96

PYROMÈTRE À LEVIER

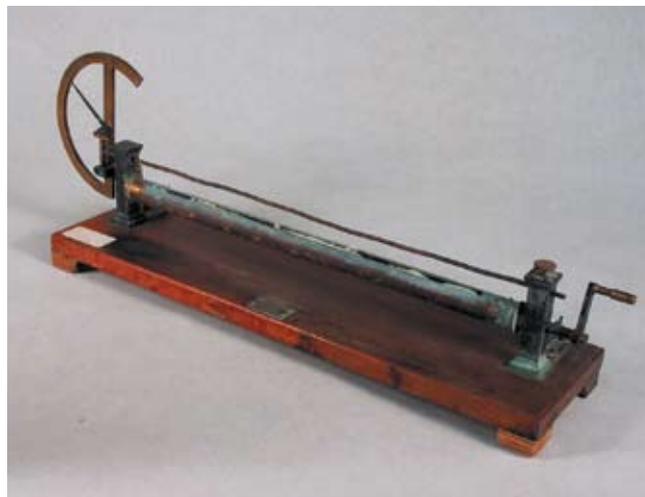
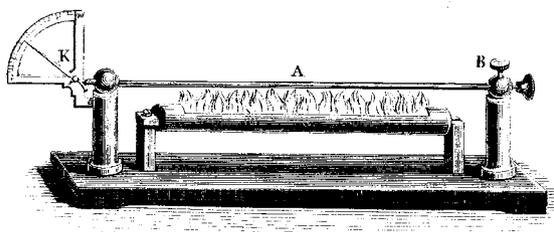
Loi ou phénomène ➤ Les solides se dilatent linéairement (c'est-à-dire s'allongent) quand leur température s'élève.

Description ➤ L'appareil se compose d'une tige métallique fixée à l'une de ses extrémités par une vis, son autre extrémité, libre, s'appuie contre la petite branche d'un levier coudé mobile devant un cadran gradué.

Au dessous de la tige se trouve un réservoir hémicylindrique.

Expérience ➤ On brûle de l'alcool versé dans le réservoir.

Au fur et à mesure que la tige s'échauffe, on voit le levier «aiguille» tourner, traduisant ainsi que la tige s'allonge.



H : 20 - L : 60 - L : 14



Remarque

La poutre d'un pont métallique a une de ses extrémités fixée sur une pile, l'autre extrémité repose sur l'autre pile par l'intermédiaire de galets de roulement qui permettent le libre allongement de la poutre.

constructeur
ALVERGNAT FRÈRES
30, RUE DE LA SORBONNE, PARIS

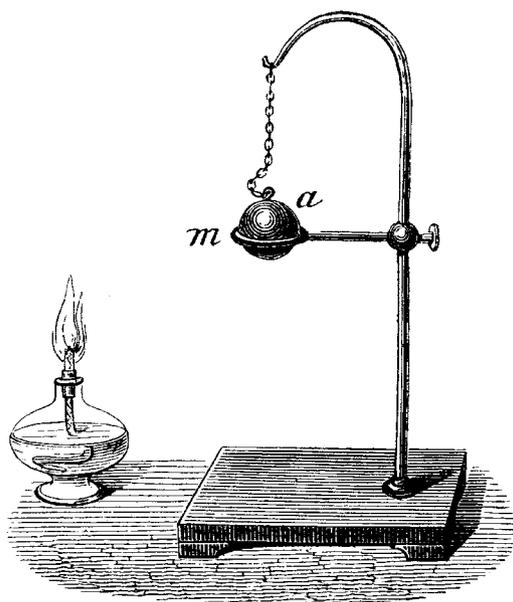
97

ANNEAU DE S'GRAVESANDE

Loi ou phénomène ✦ Le volume d'un corps augmente quand on le chauffe (dilatation cubique).
Un corps creux se dilate autant que s'il était plein.

Description ✦ Il se compose d'un anneau de laiton dans lequel passe très exactement une sphère de même métal.

Expérience ✦ On chauffe la sphère seule, et l'on constate qu'elle ne peut plus traverser l'anneau.
Si on chauffe à la fois la sphère et l'anneau, la sphère traverse l'anneau comme à la température ordinaire.



H : 30 - L : 20 - L : 12

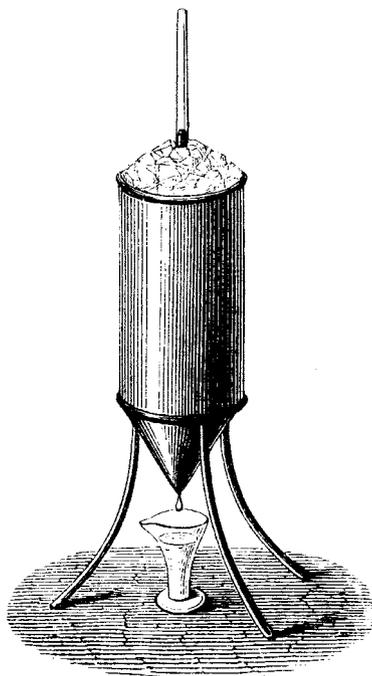


Remarque

Lors d'une élévation de température, le réservoir en verre d'un thermomètre se dilate, mais comme le mercure se dilate bien plus, il s'élève dans le tube car l'augmentation de volume de l'ampoule de verre est négligeable devant celle du mercure.

98 APPAREIL pour déterminer le degré zéro du thermomètre

- Fonction ➤ Déterminer le degré zéro du thermomètre.
- Description ➤ C'est un vase en laiton présentant une ouverture à la partie inférieure pour l'écoulement de l'eau de fusion.
- Mode opératoire ➤ On met de la glace pure, pilée et mouillée d'eau distillée dans l'appareil. On y plonge le thermomètre et quand le niveau du mercure est stationnaire, c'est que le thermomètre est à la température de la glace fondante ; on marque le niveau par un trait qui sera le degré zéro de la graduation.



H : 24 - D : 12

99

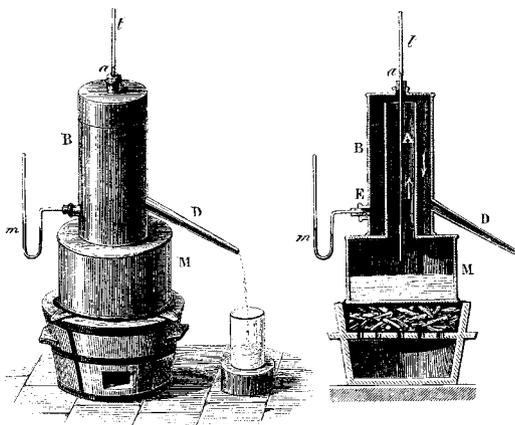
APPAREIL DE RÉGNAULT pour déterminer le degré cent du thermomètre

Fonction ➤ Déterminer le degré cent du thermomètre.

Description ➤ C'est une étuve à vapeur. Elle est formée d'un réservoir cylindrique inférieur, surmonté d'un cylindre plus étroit, lui-même entouré d'un autre cylindre extérieur à la base duquel est fixé un manomètre.

Mode opératoire ➤ On porte à ébullition l'eau contenue dans l'étuve. Quand le niveau du mercure du thermomètre est stationnaire, on marque le niveau d'un trait qui représente le degré cent de la graduation. Le cylindre extérieur protège le cylindre intérieur contre le refroidissement par l'air ambiant.

Le manomètre permet de mesurer la pression de la vapeur d'eau à l'intérieur et de faire les corrections éventuelles de la graduation du thermomètre.



H : 50 - D : 22,5 - d : 11,5



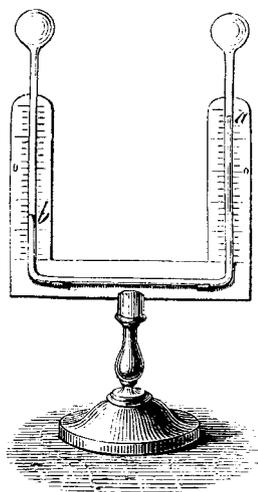
Remarque

Origine du thermomètre actuel : le physicien suédois Anders Celsius (1701-1744) présente en 1741 le thermomètre à mercure marquant 0° au point d'ébullition de l'eau et 100° au point de congélation de l'eau. Et c'est le 19 mars 1743 qu'est présenté un thermomètre à échelle centésimale ascendante (point de congélation de l'eau à 0°). En 1794 la commission des Poids et Mesures décide que «le degré thermométrique sera la centième partie de la distance entre le terme de la glace et celui de l'eau bouillante». Le degré centésimal ne prendra le nom de «degré Celsius» qu'en octobre 1948 lors de la IX^e conférence des Poids et Mesures.

100 THERMOSCOPE DE LESLIE ou thermomètre différentiel

Fonction ➤ Mesurer la différence de température de deux points voisins.

Description ➤ Il se compose de deux boules de verres identiques, remplies d'air, et réunies par un tube recourbé, d'un petit diamètre, fixé sur une planchette. Avant que l'appareil ne soit fermé, on y a introduit un liquide coloré (acide sulfurique coloré) en quantité suffisante pour remplir la branche horizontale du tube et la moitié environ des branches verticales. L'appareil étant ensuite fermé, on fait passer de l'air d'une boule dans l'autre, en les chauffant inégalement jusqu'à ce qu'après quelques tâtonnements, les deux boules étant revenues à la même température, le niveau soit le même dans les branches verticales. On marque alors un zéro à chaque extrémité de la colonne liquide. Pour achever la graduation, on porte l'une des boules à 0°C, et l'autre à 10°C. L'air de la dernière se dilate et refoule la colonne (ba) qui s'élève dans l'autre branche. Lorsque cette colonne est devenue stationnaire, on marque 10 de chaque côté, au point où s'arrête le niveau du liquide ; puis on partage les intervalles de zéro à 10 en dix parties égales, et l'on continue les divisions au dessus et au dessous du zéro, le long de chaque branche.



Mode opératoire ➤ Il suffit de placer les deux boules du thermoscope aux deux endroits dont on veut connaître la différence de température.



H : 43 - L : 16 - D : 14

constructeur
DELEUIL
RUE DU PONT DE LODI, N°6 À PARIS

101

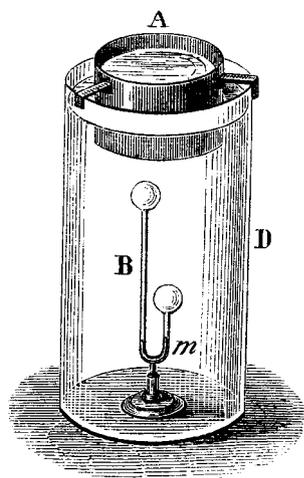
THERMOSCOPE pour l'étude de la conductibilité des liquides

Loi ou phénomène ↪ Faible conductibilité thermique des liquides.

Description ↪ Le dispositif comporte un vase de verre cylindrique (D), un petit thermoscope asymétrique (B) formé de deux boules de verre réunies par un tube recourbé (m), dans lequel se trouve un index de liquide coloré et enfin un vase de fer blanc (A).

Expérience ↪ On place le thermoscope (B) au fond du vase (D) qu'on remplit d'eau à température ordinaire. On plonge, en partie, dans cette eau, le vase de fer blanc dans lequel on a versé de l'eau bouillante ou de l'huile chauffée entre 200 et 300 degrés.

On constate alors que la boule du thermoscope la plus proche du fond du vase (A) ne s'échauffe que fort peu car l'index ne se déplace que d'une quantité peu sensible ; d'où la faible conductivité de l'eau pour la chaleur. D'autres liquides donnent le même résultat.



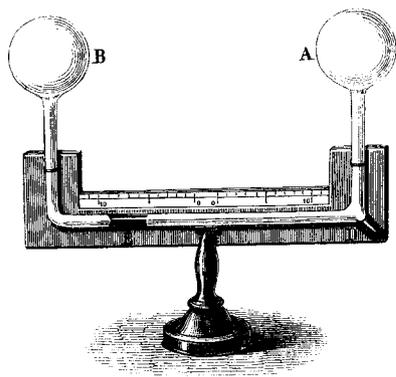
H : 27 - L : 10 - D : 8,5

102 THERMOSCOPE ou thermomètre différentiel de Rumford

Fonction ➤ Mesurer la différence de température de deux points voisins.

Description ➤ Il diffère peu du thermoscope de Leslie ; seulement les boules sont plus grosses, la branche horizontale plus grande, et c'est le long de cette branche qu'est la graduation. L'index (E) n'a que deux centimètres de longueur environ, et l'on marque encore un zéro à chaque extrémité, lorsque, les deux boules étant à la même température, l'index occupe le milieu de la branche horizontale. Le reste de la graduation se fait ensuite entièrement comme pour le thermoscope de Leslie. Un appendice (D) sert à régler l'appareil : lorsqu'il y a trop d'air dans l'une des boules, on fait passer l'index dans l'appendice, ce qui permet à l'air de se rendre dans l'autre boule. Il suffit d'incliner ensuite le thermomètre pour faire sortir l'index et lui faire prendre la position qu'il doit occuper ; ce qu'on n'obtient toutefois qu'après quelques essais.

Mode opératoire ➤ Identique à celui du thermoscope de Leslie.
(voir n° 100)



H : 48 - L : 44 - D : 13

constructeur

DELEUIL

RUE DU PONT DE LODI, N°6 À PARIS

103 THERMOMÈTRE MÉTALLIQUE DE BRÉGUET

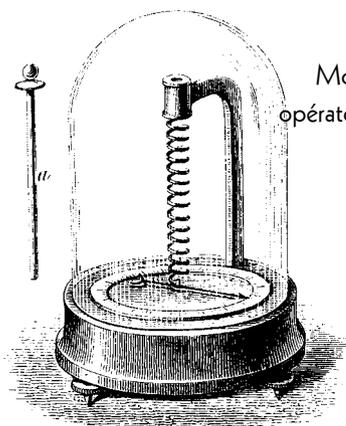
Fonction ↪ Mesurer la température.

Description ↪ Le principe de cet instrument repose sur l'inégale dilatabilité des métaux. Il est formé de trois lames de platine, d'or et d'argent, superposées. Soudées ensemble sur toute leur longueur, elles sont ensuite passées au laminoir pour former un ruban métallique très mince. Ce ruban, contourné en hélice, est fixé par son extrémité supérieure à un support. L'autre extrémité porte une légère aiguille de cuivre, libre de se mouvoir devant un cadran horizontal gradué. L'argent qui est le plus dilatable des trois métaux, forme la face intérieure de l'hélice ; le platine, qui est le moins dilatable, est à l'extérieur, et l'or entre les deux car il a une dilatation intermédiaire et évite la rupture qui pourrait être provoquée par la grande différence de dilatabilité des deux autres métaux.

Pour déplacer l'instrument, une tige métallique (a) est placée dans l'axe de l'hélice, pour la soutenir et l'empêcher de se déformer.

Mode opératoire ↪ On enlève la tige (a) et l'appareil est prêt à fonctionner : lorsque la température s'élève, l'argent se dilate plus que le platine et que l'or, et l'hélice se déroule ; l'effet contraire a lieu quand la température s'abaisse.

Ce thermomètre est gradué par étalonnage avec un thermomètre à mercure.



H : 21,5 - D : 13

constructeur
BRÉGUET

PENDULE À GRIL DE LEROY

Fonction ➤ Compenser la dilatation due aux changements de température de la tige d'un pendule en utilisant l'inégale dilatation des métaux de manière que la distance entre le centre de suspension et le centre d'oscillation demeure indépendante de la température : condition nécessaire pour que l'isochronisme des oscillations soit respecté.

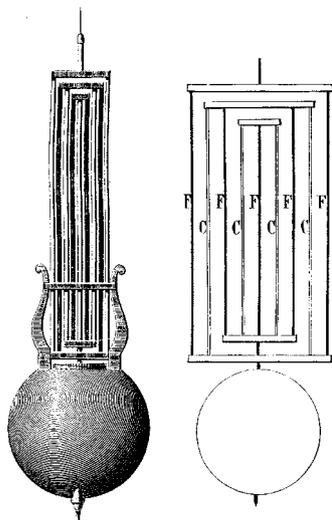
Description ➤ Ce pendule est formé de quatre châssis alternativement en acier (F) et en laiton (C) : les châssis en laiton s'appuient sur la base inférieure des châssis en acier, et la tige d'acier qui porte la lentille est fixée à la partie supérieure du second châssis en laiton. Il s'ensuit que par l'effet de l'allongement des tiges d'acier la lentille s'abaissera, tandis que l'effet de l'allongement du laiton sera de la relever.

Mode opératoire ➤ Soient (L) la somme des longueurs du fer, (L') celle du laiton, (K) et (K') les coefficients de dilatation linéaire du fer et du laiton. Pour que la compensation neutralise ces deux effets, il faut que la dilatation du fer soit égale à celle du laiton, d'où : $LKt = L'K't$ ou $LK = L'K'$. Comme $K = 2/3 K'$, il faut $L' = 2/3 L$ c'est-à-dire que la longueur du laiton soit à peu près les 2/3 de celle du fer. On

multiplie les châssis afin de diminuer les déplacements au niveau des entretoises.

Cette compensation atténue les irrégularités de marche provenant de la température

mais ne les fait pas disparaître tout à fait, en conséquence, il faut agir sur la vis placée en dessous de la lentille de façon à faire glisser cette dernière pour compléter, si nécessaire, l'effet de la compensation.



L : 33 - L : 10

105 THERMOMÈTRE À POIDS

Fonction ➤ Déterminer la température d'un liquide à l'aide d'un instrument sans graduation et en se servant d'une balance.

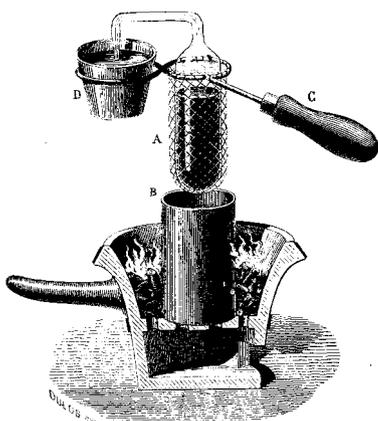
Description ➤ Cet instrument est constitué par un vase de verre pouvant contenir au moins 200 grammes de mercure ; il est prolongé par un tube étroit deux fois recourbé et terminé en pointe. Le tube est maintenu dans une grille de fer (A) soutenue par un manche (C) ; sa pointe pénètre dans un godet de porcelaine (D) plein de mercure. Un cylindre de fer (B) pouvant contenir le tube et sa grille est chauffé par un four.

Mode opératoire ➤ On commence par peser le tube vide ; ensuite on le remplit de mercure. Pour cela on fait pénétrer la pointe du tube dans le godet (D) plein de mercure et l'on chauffe le tube dans le fourneau. Alors l'air du tube se dilate et s'échappe à travers le godet, et, si l'on soulève l'instrument (comme indiqué sur le schéma) pour le laisser refroidir, la contraction de l'air permet au mercure de pénétrer dans le vase. On redescend ensuite le tube que l'on chauffe de nouveau jusqu'à faire bouillir le mercure déjà introduit afin de chasser l'air restant à l'aide des vapeurs mercurielles. Après quelques minutes d'ébullition, on laisse lentement refroidir l'appareil, qui se remplit entièrement lorsque l'ébullition a été suffisamment prolongée. S'il restait encore quelques bulles d'air, il faudrait recommencer l'opération.

Quand le thermomètre est entièrement rempli et qu'il est revenu à la température ordinaire, on le place dans de la glace pilée en maintenant sa pointe toujours plongée dans le mercure, et, après un quart d'heure d'immersion il est plein à zéro. À ce moment on vide le godet (D) et on le remet en place. Quand l'appareil se réchauffe ensuite dans l'air jusqu'à la température ambiante, une partie du mercure se déverse dans le godet ; mais en pesant le tout et en retranchant du poids total celui du tube et du godet, on obtient le poids (P) du mercure qui remplissait le vase à zéro.

On plonge ensuite le thermomètre dans un liquide dont la température (t) est connue, et l'on recueille le mercure qui sort par l'effet de la dilatation. Soit (p) le poids de ce mercure, (P-p) sera le poids du mercure restant. Or, ce mercure, étant supposé ramené à 0°C laissera au-dessus de lui un espace vide, dont le volume représentera sa contraction dans le verre, en passant de t°C à 0°C, ou sa dilatation de 0°C à t°C. Or les volumes peuvent être représentés par les poids du mercure à 0°C qui les occupent. (p) représente donc la dilatation dans le verre, du volume (P-p) pour t°C, et $p/(P-p)t$ représente cette dilatation pour 1°C et pour l'unité de volume. On a donc trouvé ainsi, pour le verre ordinaire, $p/(P-p)t = 1/6480$. Si l'on suppose connue la dilatation du mercure dans le verre, l'équation précédente donnera la valeur de (t), supposée inconnue. On pourra donc évaluer la température au moyen d'un instrument sans graduation, et en se servant de la balance.

H : 19 - D : 5,5



Remarque

Le thermomètre à poids a été imaginé par Dulong et Petit. Son usage repose sur une donnée numérique dont la valeur devra être établie au moyen de l'instrument lui-même, parce que cette valeur dépend de la nature du verre.

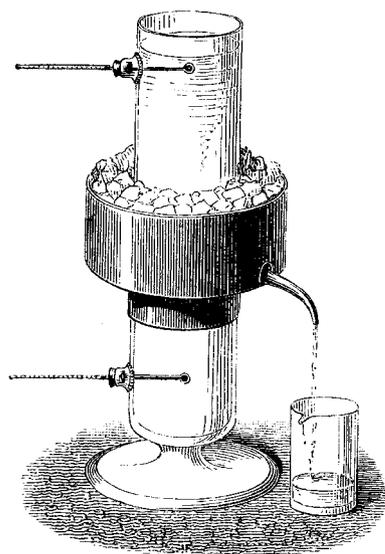
106 APPAREIL DE VAN HOPE

Loi ou phénomène ✦ L'eau présente entre 0 et 4°C une anomalie par rapport aux autres corps qui en général se dilatent lorsque la température augmente. La densité de l'eau a sa valeur maximale à la température de 4°C.

Description ✦ Il se compose d'une éprouvette à pied entourée d'un manchon métallique dans sa partie moyenne. L'éprouvette est percée de part et d'autre du manchon, de deux trous dans lesquels passent deux thermomètres dont le réservoir se trouve à l'intérieur.

Expérience ✦ On remplit l'éprouvette d'eau à température ordinaire. On met de la glace pilée dans le manchon, le thermomètre inférieur baisse rapidement tandis que l'autre reste stationnaire : l'eau se contracte et devient plus dense, plus « lourde » dirait-on trivialement, elle tombe.

Quand le thermomètre inférieur indique 4°C, il reste stationnaire tandis que la température de l'autre descend à 4°C, puis à 0°C : l'eau se dilate et devient moins dense, plus « légère », elle s'élève.



H : 31 - D : 10 - D' : 5,5



Remarque

Ce phénomène est important l'hiver. L'eau de la surface des lacs et rivières, à mesure qu'elle se refroidit, descend. Lorsqu'elle atteint 4°C, si le refroidissement continue, devenant plus « légère » l'eau froide remonte à la surface et peut se solidifier et protéger ainsi les couches profondes dont la température reste à 4°C. Dans les climats les plus rudes, les lacs profonds ne gèlent que sur une certaine épaisseur, les eaux à 4°C protégeant le fond. En cas de faibles profondeurs des étangs, toute l'eau peut prendre en glace empêchant toute vie aquatique.

107

APPAREIL DE GAY-LUSSAC pour l'étude des tensions maximales de vapeur d'eau en dessous de 0°C

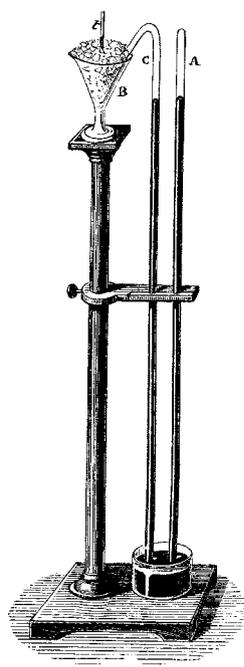
Fonction ➤ Mesurer les tensions maximales de vapeur d'eau en dessous de 0°C.

Description ➤ Il est constitué de deux tubes barométriques remplis de mercure et plongeant dans une même cuvette. L'un deux, (A), qui est droit et purgé d'air et d'humidité, sert de baromètre pour mesurer à chaque instant la pression atmosphérique ; l'autre, (B), est recourbé de manière qu'une partie de la chambre barométrique plonge dans un mélange réfrigérant.

Mode opératoire ➤ À l'aide d'une pipette on fait passer un peu d'eau dans la petite branche du tube (B) : la vapeur se répand dans la chambre barométrique. Mais, une portion de cet espace étant maintenu à la température du mélange réfrigérant, à -10°C, par exemple, la vapeur ne peut y conserver une tension plus grande que celle qui correspond à -10°C ; elle s'y congèle donc en partie, fait place à une nouvelle quantité de vapeur émise par le liquide, laquelle se congèle à son tour, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'il ne reste plus de liquide au dessus du mercure. À ce moment, le niveau dans le tube (B) se maintient encore au dessous du niveau dans le tube sec (A) : donc, à -10°C, la glace émet de la vapeur, dont la tension est mesurée par la distance verticale des niveaux du mercure dans (A) et (B).

-30°C : 0,36 mm / -20°C : 0,84 mm /

-10°C : 2,09 mm / 0°C : 4,06 mm



H : 90 - D : 7

108 APPAREIL DE WATT pour le principe de la paroi froide

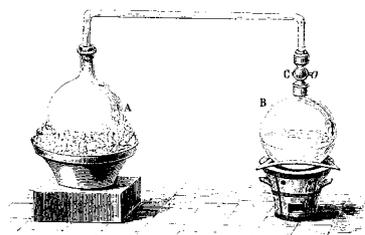
Loi ou phénomène ➤ Lorsque deux vases, à des températures inégales, et contenant le même liquide, communiquent entre eux, la tension de vapeur est la même dans ces deux vases, et égale à la tension maximale qui correspond à la plus basse des deux températures.

Description ➤ Il s'agit de deux ballons en verre (A) et (B) reliés par un tube en verre. Le ballon (B) comporte une garniture métallique avec un robinet (C).

Expérience ➤ Le ballon (A) contient de l'eau à 0°C et l'autre, (B), de l'eau maintenue à 100°C. Tant que les ballons ne communiquent pas, la tension est égale, dans le premier, à 4,6 mm de mercure, et dans le second à 760 mm.

Mais aussitôt que la communication est établie, à l'aide du robinet (C), la vapeur du ballon (B), en vertu de son excès de tension, se précipite en (A), mais s'y condense immédiatement, puisque le ballon est maintenu à 0°C.

Il en résulte que la vapeur ne peut acquérir dans le ballon (B) une tension supérieure à celle du ballon (A) ; il y a donc simplement distillation de (B) vers (A), sans accroissement de tension.



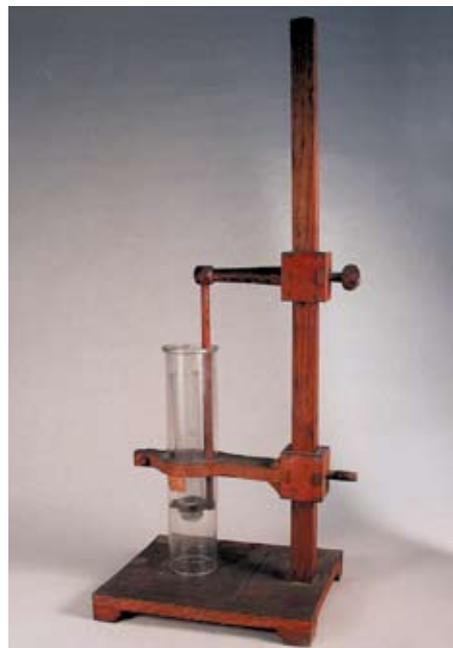
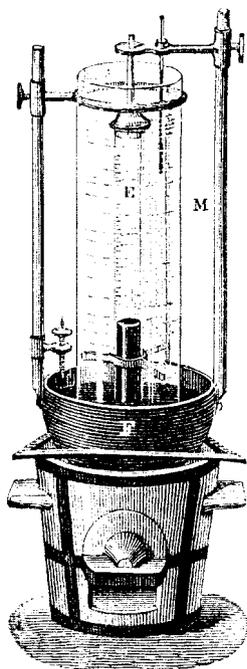
H : 50 - L : 46 - D : 9 - D' : 24

109 APPAREIL DE GAY-LUSSAC (densités des vapeurs)

Fonction ➤ Déterminer les densités de vapeur dans des conditions connues de température et de pression.

Description ➤ Il comporte une éprouvette de verre (E) graduée, un manchon de verre (M) et une cuve en fonte (F).

Mode opératoire ➤ On remplit complètement de mercure l'éprouvette (E) que l'on renverse dans la cuve (F) contenant le même liquide : on fait alors passer, au sommet de l'éprouvette, une petite ampoule de verre scellée à la lampe, et contenant un poids (p) connu du liquide dont on veut étudier la vapeur ; enfin on entoure l'éprouvette du manchon (M), rempli d'eau ou d'huile. On place l'appareil sur un fourneau et on élève graduellement la température : on provoque la rupture de l'ampoule, et on continue de chauffer jusqu'à ce que tout le liquide soit transformé en vapeur. On lit, sur la graduation de l'éprouvette, le volume (V) occupé par la vapeur ; un thermomètre placé dans le bain donne la température (t) ; on détermine la pression barométrique (H), et la hauteur (h) (réduite à 0°C) de la colonne de mercure dans l'éprouvette, au dessus du niveau de mercure à l'extérieur du manchon. La connaissance de tous ces paramètres permet de déterminer la densité de la vapeur par rapport à l'air.



H : 101 - L : 38 - L : 32

110 APPAREIL DE GAY-LUSSAC (mélange des gaz et des vapeurs)

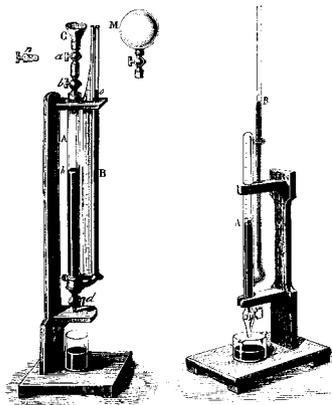
Loi ou phénomène ➤ À température égale, la tension maximale de la vapeur saturée et par suite, sa densité sont les mêmes dans le vide et dans les gaz.

Description ➤ Il consiste en un tube de verre (A) mastiqué par ses deux extrémités à deux robinets métalliques (b) et (d) ; au dessus du robinet (d) se trouve une tubulure latérale qui met en communication le tube (A) avec un second tube (B) d'un plus petit diamètre.

Expérience ➤ Le tube (A) étant rempli de mercure sec, et les robinets (b) et (d) étant fermés, on visse en (b), à la place de l'entonnoir (c) un ballon de verre (M) fermé lui-même par un robinet et rempli d'air desséché ou de tout autre gaz. Puis ouvrant les trois robinets (a),(b),(d), on laisse écouler du tube (A) une partie du mercure, qui est remplacé par l'air sec du ballon. On referme alors les robinets, et l'on ramène l'air confiné en (A) à la pression atmosphérique, en versant du mercure dans le tube (B), jusqu'à ce que le niveau soit à la même hauteur dans les deux branches. Enfin, on substitue au ballon l'entonnoir (C), muni d'un robinet particulier (a) dit à cuvette (n). Ayant versé dans l'entonnoir (c) le liquide qu'on veut vaporiser, noté le niveau (k) du mercure et ouvert le robinet (b), on tourne le robinet (a) de manière que sa cavité se remplisse ; puis on le retourne, afin que le liquide pénètre dans l'espace

(A) et s'y vaporise. On continue à faire tomber ainsi le liquide goutte à goutte, jusqu'à ce que le niveau du mercure (k) cesse de baisser. Comme la tension de la vapeur qui s'est produite dans l'espace (A) s'est ajoutée à celle de l'air qui y était déjà, le volume du gaz a augmenté ; on le ramène à sa valeur initiale en versant de nouveau du mercure dans le tube (B) jusqu'au niveau primitif (k) ; on observe alors dans les tubes (B) et (A) une différence de niveau (Bo), qui représente la tension de la vapeur produite. Ce que l'on vérifie

si l'on fait passer dans le vide d'un tube barométrique quelques gouttes du même liquide volatil, on observe en effet une dépression précisément égale à (Bo).



H : 70 - L : 23 - L : 18

constructeur
ALVERGNAT FRÈRES, PARIS



H : 83 - L : 27 - L : 27

constructeur
DELEUIL, PARIS

111 APPAREIL DE DUMAS

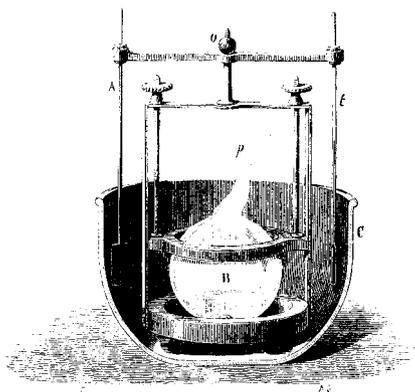
Fonction ↩ Déterminer les densités des vapeurs.

Description ↩ Il comporte un ballon (B), de 250 à 500 cm³ de capacité, dont le col a été étiré en pointe.

Un support métallique permet de le fixer pour le plonger dans un bain d'huile.

Une traverse articulée en (o) porte un agitateur (A) et un thermomètre (t).

Mode opératoire ↩ Dans le ballon (B) on introduit en excès le corps dont on veut déterminer la densité de vapeur. Le ballon est descendu dans un bain d'huile suffisamment chaud pour vaporiser le corps introduit. Un jet de vapeur s'échappe par le tube effilé (p) entraînant l'air contenu dans le ballon. Lorsque le jet cesse, le ballon ne contient plus que la vapeur. On repère la température du bain d'huile en fermant au chalumeau le bec (p). La pression atmosphérique est relevée. Une pesée donne la masse du ballon et de la vapeur. Comme on avait au préalable pesé le ballon plein d'air, on en déduit la masse de la vapeur. Le volume du ballon étant connu par ailleurs, on calcule alors la densité de la vapeur. Les corrections dues à la température et à la pression conduisent à connaître la densité de la vapeur par rapport à l'air dans les conditions standard.



H : 24 - L : 15 - D : 10



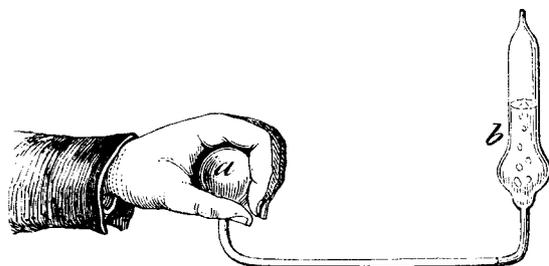
H : 13 - D : 21

112 BOUILLANT DE FRANKLIN

Loi ou phénomène ➤ Influence de la pression sur la température d'ébullition.

Description ➤ C'est un petit appareil de verre, vide d'air et contenant un peu d'eau. Il est constitué d'une boule (a) et d'un tube (b) réunis par un tube de petit diamètre. L'appareil ne contenant plus d'air, l'eau ne supporte d'autre pression que la tension de sa vapeur, tension qui, à la température ordinaire, est très faible.

Expérience ➤ On prend la boule (a) dans la main, ainsi on apporte de la chaleur; la tension de vapeur d'eau augmente, ce qui refoule l'eau dans le tube (b), et y produit une vive ébullition à faible température, ce que l'on peut vérifier sans risque.



H : 8 - L : 18 - D : 3,5

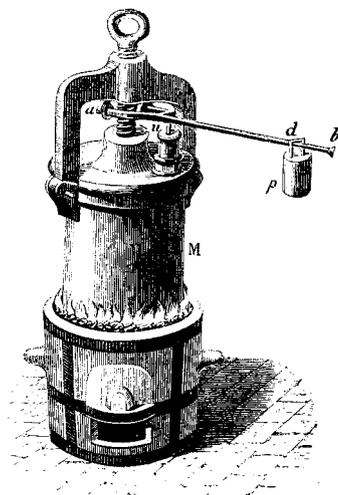
113 MARMITE DE PAPIN OU DIGESTEUR

Loi ou phénomène ➤ En vase clos la température d'un liquide chauffé peut s'élever largement au-dessus de celle de son point d'ébullition sous pression atmosphérique normale.

Description ➤ L'appareil est un vase cylindrique de bronze, fermé par un couvercle de même métal, qu'une vis de pression maintient solidement appliqué contre les bords. L'étanchéité de la fermeture est assurée par l'interposition de feuilles de plomb. Le couvercle est muni d'une soupape de sûreté sur laquelle s'appuie un levier maintenu à une de ses extrémités et chargé à l'autre d'un poids (p).

Expérience ➤ On règle la charge de la soupape de manière que celle-ci soit soulevée et libère la vapeur lorsqu'elle a atteint dans la marmite une pression déterminée, 6 atmosphères par exemple. La marmite remplie d'eau aux deux tiers et fermée, est chauffée sur un fourneau. Le liquide peut ainsi être porté à une température bien supérieure à 100°C sans bouillir, et la pression de la vapeur peut atteindre 5 ou 6 atmosphères, suivant la charge de la soupape de sécurité.

Si l'on ouvre alors la soupape, un jet de vapeur s'échappe avec sifflement, et l'eau entre immédiatement en ébullition pendant que sa température s'abaisse jusqu'à 100°C.



H : 37 - L : 42 (TIGE) - D : 10



Remarques

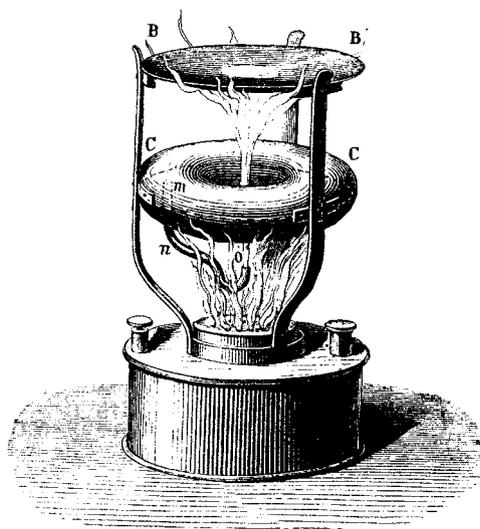
- L'augmentation de la température d'ébullition permise par la marmite de Papin peut être utilisée pour augmenter l'action dissolvante des liquides ; c'est pourquoi on lui donne aussi le nom de digesteur.
- Principe de l'autocuiseur.

114 APPAREIL DE CALÉFACTION DE BOUTIGNY

Loi ou phénomène ➤ Phénomène de caléfaction.

Description ➤ Il est constitué par un éolipile (une petite chaudière annulaire (CC) contenant de l'alcool) chauffé par une lampe placée en dessous ; la vapeur inflammable qui s'y forme s'échappe en un jet très vif par l'orifice (o) du tube recourbé (mno), prend feu au contact de la flamme de la lampe et vient échauffer très fortement la capsule métallique (BB').

Expérience ➤ Lorsque la capsule est très chaude on laisse tomber de l'eau ou tout autre liquide volatil (alcool, éther, etc.), le liquide se sépare en globules qui s'animent de mouvements vifs. Si la capsule est percée de trous, le liquide ne les traverse pas, ce qui prouve qu'il ne la touche pas.



H : 17 - D : 9



Remarque

La caléfaction explique divers phénomènes. Ainsi on a vu dans des expériences de cirque **particulièrement dangereuses** plonger la main humide dans un bain de fonte de fer en fusion. En 1811, un Espagnol parcourut toute l'Europe en montrant qu'il pouvait sans danger faire couler sur ses bras des jets de fonte; Wollaston, témoin de ces phénomènes, les avait expliqués, comme l'a fait plus tard Boutigny, en admettant que les corps échauffés au-delà d'une certaine limite ne touchent plus les liquides.

N.B. : il faut s'interdire de tenter ces expériences extrêmement périlleuses.

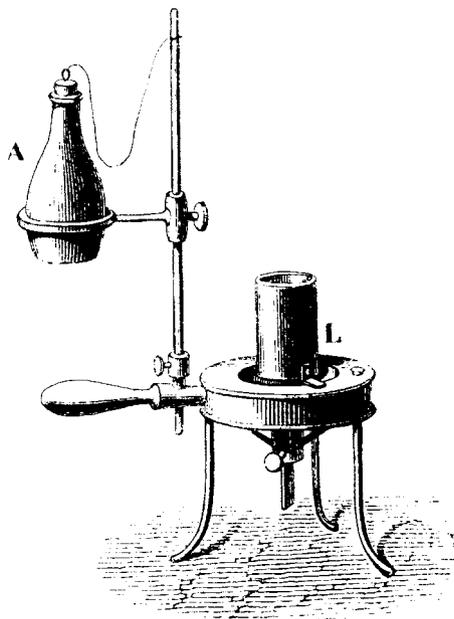
115 CHAUDIÈRE DE BOUTIGNY

Loi ou phénomène ↪ Caléfaction et vaporisation de l'eau.

Description ↪ (A) est une chaudière de cuivre qui peut être fermée par un bouchon.

(L) est une lampe qui permet de chauffer la chaudière.

Expérience ↪ À l'aide d'une lampe, on chauffe au rouge la partie inférieure de la chaudière. On verse alors un peu d'eau à l'intérieur, et on met en place le bouchon. L'eau se caléfie, forme des globules au fond de la chaudière. Si l'on éloigne l'appareil de la flamme, comme le représente la figure, et qu'on le laisse refroidir pendant quelques instants, il arrive un moment où le liquide se vaporise brusquement. Le bouchon est alors vivement projeté.



H : 45,5 - L : 29 - L : 16



Remarque

Dans les chaudières des machines à vapeur, lorsqu'on les alimente avec des eaux chargées de sels calcaires, il se forme souvent des dépôts assez épais et peu conducteurs de la chaleur ; pour obtenir une quantité suffisante de vapeur il faut alors chauffer les parois métalliques jusqu'à les faire rougir. Si, à ce moment là, le dépôt terreux vient à se détacher, l'eau, en rencontrant les parois incandescentes, va prendre tout d'abord la forme sphéroïdale, et, bientôt après, donner brusquement naissance à une quantité de vapeur qui peut provoquer l'explosion de la chaudière.

constructeur
DELEUIL À PARIS

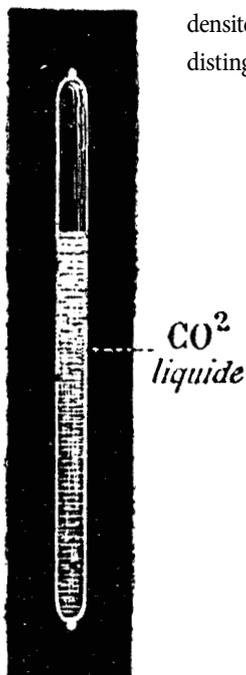
116 TUBE DE NATTERER

Loi ou phénomène ✦ Température critique d'un gaz.

Description ✦ Il s'agit d'un tube de verre épais rempli aux trois quarts de dioxyde de carbone (CO_2) liquide, et scellé à la lampe.

Expérience ✦ On le plonge dans de l'eau qu'on chauffe peu à peu, on constate que jusqu'à 30°C la dilatation du liquide est très importante. En continuant à chauffer, à 31°C , la surface libre du liquide disparaît et le tube paraît rempli tout entier de gaz.

Ce phénomène est dû à l'évolution en sens inverse des densités du liquide et du gaz en présence. La densité du liquide diminue avec sa dilatation ; la densité du gaz augmente avec la compression qui en résulte dans le tube fermé. Il arrive un moment où les deux densités deviennent égales ; le liquide et le gaz se mélangent alors sans qu'on puisse les distinguer.



H : 28 - D : 1



Remarque

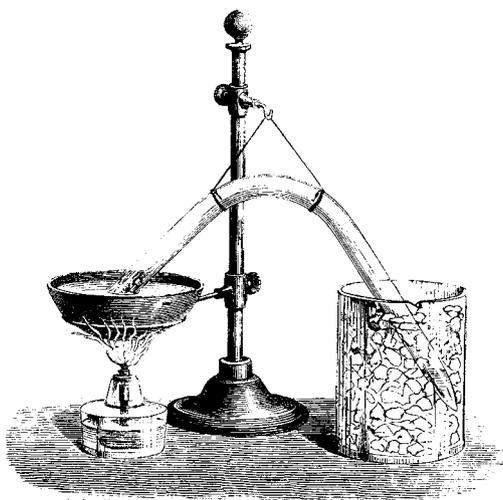
Pour liquéfier un gaz, il faut d'abord l'amener à une température inférieure à sa température critique.

117 TUBE DE FARADAY

Fonction ↪ Liquéfaction de l'ammoniac.

Description ↪ C'est un tube de verre épais en forme de V renversé, fermé à un bout, ouvert et effilé à l'autre. On remplit la branche fermée de chlorure d'argent saturé en ammoniac. On y fait arriver de l'ammoniac qui s'y condense, puis on scelle à la lampe l'extrémité restée ouverte.

Mode opératoire ↪ L'extrémité effilée est plongée dans un mélange réfrigérant et en même temps on chauffe le chlorure qui se trouve dans l'autre branche. L'ammoniac se dégage et vient s'accumuler dans la partie refroidie, sous la forme d'un liquide transparent. En revenant à la température ordinaire, le chlorure absorbe le gaz de nouveau, et l'appareil, préparé une fois pour toutes, sert à reproduire l'expérience toutes les fois qu'on veut la recommencer.



H : 31 - L : 27



Remarque

On peut ainsi liquéfier d'autres gaz comme le chlore, le dioxyde de carbone.

118 APPAREIL DE CAILLETET

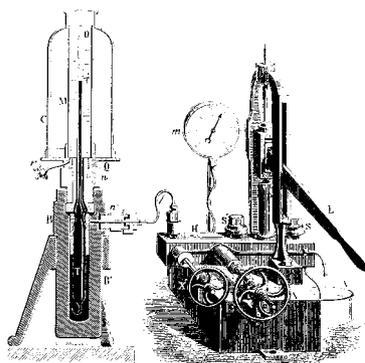
Fonction ➤ Sert à liquéfier des gaz en les comprimant et en utilisant le froid produit par la détente même du gaz.

Description ➤ Il se compose d'une cuve en fer forgée (BB'), à moitié remplie de mercure. Dans ce liquide plonge une éprouvette (TO) dont la partie capillaire supérieure fermée contient le gaz à liquéfier. La partie inférieure de plus fort diamètre est ouverte. Cette éprouvette est maintenue par un écrou (n), dans lequel elle est scellée à la glu. Sur le côté de la cuve (B) se trouve un second écrou (n'), percé d'un conduit sur lequel est fixé un tube (t), qui amène de l'eau refoulée par une pompe (P). Les soupapes de celle-ci, l'une d'aspiration, l'autre de refoulement, sont placées sous les écrous (S) et (S'). Un piston plongeur à vis, commandé par un volant (X), sert à forcer la pression. Tandis qu'un robinet, manœuvré par un volant (X'), permet de produire la détente du gaz comprimé. Enfin un manomètre (m) indique les pressions.

Mode opératoire ➤ Pour remplir de gaz l'éprouvette (TO), on la dispose horizontalement et l'extrémité (O) n'étant pas encore fermée, on fait arriver le gaz pur et desséché par un tuyau de caoutchouc appliqué à l'autre extrémité. Quand tout l'air est expulsé, on soude à la lampe l'extrémité (O). On relève alors l'éprouvette verticalement et une gouttelette de mercure, introduite d'avance, vient en fermer l'orifice inférieur. Ensuite, on introduit l'éprouvette dans la cuve (BB'), on serre fortement l'écrou (n) et on visse au dessus un plateau (Q) qui porte un manchon (M) rempli d'eau froide.

Pour arrêter les éclats de verre qui seraient projetés si l'éprouvette venait à éclater, on recouvre le tout d'une cloche de cristal (C). L'appareil est maintenant prêt à fonctionner, et quand on actionne la pompe hydraulique à l'aide du levier (L), l'eau aspirée du vase (V) et refoulée par le tuyau (t) presse sur le mercure dans la

cuve et le fait monter jusque dans la partie capillaire de l'éprouvette. La pression peut ainsi aller jusqu'à 400 atmosphères, puis 2500 si l'on fait manœuvrer le piston plongeur (X). A une certaine pression on voit un dépôt ruisseler sur la paroi intérieure de l'éprouvette et s'amasser sur le ménisque du mercure. À partir de ce moment le manomètre indique une pression constante, qui est la tension maximale du gaz liquéfié.



H : 78 - L : 65 - L : 55

119 ALCAZARAS

Fonction ➤ Rafraîchir l'eau grâce à l'absorption de chaleur produite par évaporation.

Description ➤ Il s'agit d'un vase en terre poreuse et demi-cuite dont l'ouverture est évasée et d'environ 30cm de hauteur.

Mode opératoire ➤ On expose l'alcarazas à un faible courant d'air, et l'évaporation qui se fait continuellement à sa surface extérieure toujours mouillée, peut refroidir l'eau jusqu'à 10°C à 12°C, quand la température extérieure est à 30°C.



H : 48 - D : 15



Remarques

- Au Bengale, on garnissait les fenêtres de rameaux mouillés, munis de leurs feuilles ; l'air qui s'y introduit, se refroidit en passant à travers le feuillage, sur lequel il active l'évaporation. On peut ainsi abaisser la température de 10°C à 15°C au-dessous de la température ambiante ; l'évaporation se fait d'autant plus facilement que l'air est sec.

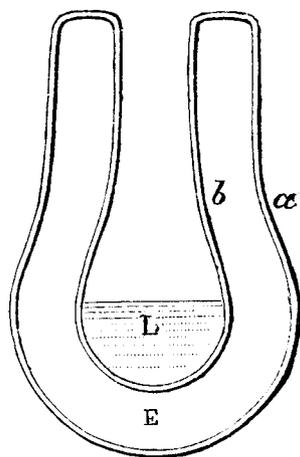
- Si la température du corps de l'homme s'élève à peine quand il fait très chaud, c'est que la surface de la peau est refroidie par l'évaporation de la sueur qui se fait par absorption de chaleur.

120 VASE D'ARSONVAL-DEWAR

Fonction ↪ Conserver l'air liquide.

Description ↪ Il s'agit d'un vase ouvert à double paroi. Entre les deux parois en verre mince on établit un vide aussi poussé que possible. La double enveloppe est argentée sur ses deux faces à l'intérieur de sa cavité.

Mode opératoire ↪ Il suffit de verser l'air liquide dans ce récipient ouvert pour pouvoir le conserver plusieurs jours à «l'air libre».



H : 29 - D : 9



H : 34 - D : 5 - D' : 9



H : 35 - D : 13



Remarque

La faible épaisseur des parois du verre réduit la transmission de la chaleur par conduction, le vide évite le transport de chaleur d'une paroi à l'autre par convection et conduction gazeuses.

Par la suite, Dewar perfectionnera ce vase en argentant ses deux faces intérieures pour éviter des transferts de chaleur par rayonnement.

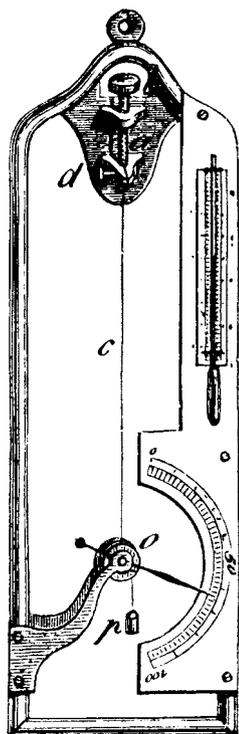
121 HYGROMÈTRE DE SAUSSURE

Fonction ✨ Sert à déterminer la proportion de vapeur d'eau contenue soit dans l'atmosphère soit dans un volume d'air limité.

Description ✨ Cet hygromètre à «absorption» se compose d'un cheveu (c) tendu sur un cadre de cuivre. Ce cheveu a été préalablement dégraissé de façon à absorber le maximum de vapeur et s'allonger rapidement en passant de la sécheresse à l'humidité. Il est fixé à sa partie supérieure à une pince qui, au moyen d'une vis, s'élève ou s'abaisse de façon à tendre le cheveu.

À sa partie inférieure le cheveu s'enroule sur une poulie à deux gorges à laquelle il est fixé. Sur la deuxième gorge s'enroule en sens contraire un fil de soie qui supporte un petit poids (p). L'axe de la poulie porte une aiguille qui se meut sur un écran gradué.

Mode opératoire ✨ Si le taux d'humidité augmente, le cheveu s'allonge, le poids (p) fait descendre l'aiguille et réciproquement. Il suffit de lire la valeur indiquée sur l'écran gradué par étalonnage.



H : 36 - L : 15

constructeur

LECOMTE
RUE SAINT DOMINIQUE D'ENFER N°20
PARIS

122 HYGROMÈTRE DE DANIELL

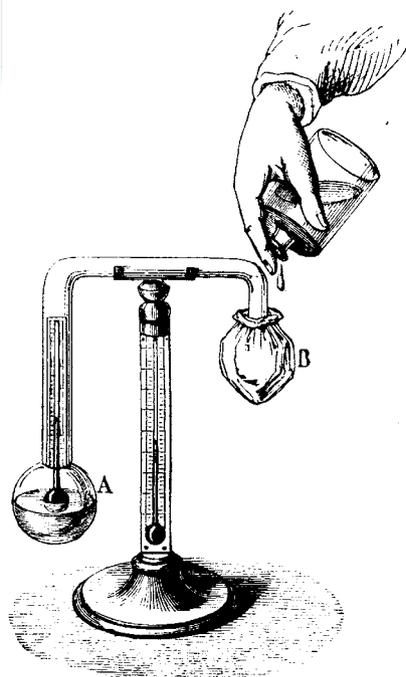
Fonction ➤ Sert à déterminer la proportion de vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère ou dans un volume d'air limité.

Description ➤ Cet hygromètre «à condensation» se compose de deux boules de verre au cobalt réunies par un tube deux fois recourbé. La boule (A) est remplie aux deux tiers environ d'éther où vient plonger un petit thermomètre renfermé dans le tube. Les deux boules et le tube ont été complètement purgés d'air. Un thermomètre fixé sur le support donne la température de l'air ambiant.

Mode opératoire ➤ La boule (B) étant enveloppée de mousseline, on verse de l'éther par-dessus, goutte à goutte. Ce liquide, en se vaporisant, refroidit la boule et provoque la condensation de la vapeur qu'elle contient.

L'éther de la boule (A) donne aussitôt de nouvelles vapeurs qui viennent se condenser de même dans l'autre boule, et ainsi de suite.

L'éther de la première boule se refroidit, de même la couche d'air extérieur au contact de la boule, et l'on voit se déposer la «rosée» sous la forme d'un anneau, à la hauteur de la surface libre du liquide. On note la température appelée «point de rosée» et la température de l'air ambiant et, à partir de tables, on détermine l'état hygrométrique de l'air ambiant.



H : 16,5 - L : 16 - L : 3,5

123 HYGROMÈTRE DE RÉGNAULT

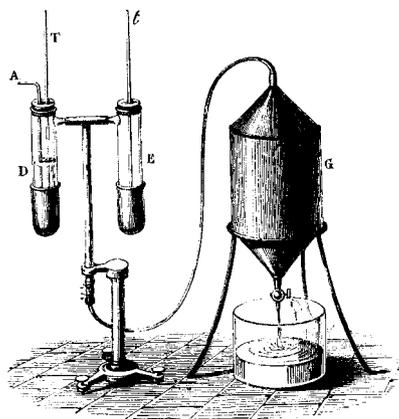
Fonction ➤ Sert à déterminer la proportion de vapeur d'eau contenue soit dans l'atmosphère soit dans un volume d'air donné.

Description ➤ Cet hygromètre à «condensation» se compose de deux dés d'argent, à parois minces et polies, dans lesquelles s'ajustent deux tubes de verre (D) et (E). Chacun d'eux contient un thermomètre sensible fixé à l'aide d'un bouchon. Le bouchon du tube (D) est traversé par un tube (A) ouvert à ses deux bouts et plongeant jusqu'au fond du dé. De plus le tube (D) est mis en communication par le pied même du support et par un tuyau en plomb avec un aspirateur (G) rempli d'eau.

Le tube (E) ne communique pas avec l'aspirateur, il contient seulement un thermomètre indiquant la température de l'air au moment de l'expérience.

Mode opératoire ➤ On verse de l'éther dans le tube (D), jusqu'au milieu environ, puis on ouvre le robinet de l'aspirateur. L'eau qui remplit celui-ci s'écoule et l'air se raréfie dans le tube (D).

Par l'effet de la pression atmosphérique, de l'air entre par le tube (A) et en passant à travers l'éther vaporise une partie de ce liquide. Il vient un moment où le refroidissement détermine un dépôt de rosée sur le dé. On note la température de ce point de rosée et la température de l'air ambiant et à partir de tables, on détermine l'état hygrométrique de l'air ambiant.



H : 35 - L : 13 - L : 5



H : 35 - L : 13 - L : 5



H : 35 - L : 13 - L : 5

constructeur
DELEUIL, PARIS

124 CALORIMÈTRE À EAU

Fonction ✦ Permettre de mesurer une quantité de chaleur ou des chaleurs spécifiques par diverses méthodes.

Description ✦ Il se compose d'un vase cylindrique de laiton ou d'argent très mince, dont la surface externe est bien polie afin de diminuer l'émission de chaleur (les métaux polis n'émettent qu'une faible partie de la chaleur qu'ils retiennent). Ce vase repose par trois pointes de liège (modèle Berthelot) sur le fond d'une enveloppe en laiton, polie intérieurement, qui lui renvoie par réflexion presque toute la chaleur émise. Dans le modèle de Régnauld c'est par un fil de soie que le vase est soutenu pour éviter la déperdition de chaleur par conductibilité. Les températures initiale et finale de l'eau sont données par un thermomètre très sensible fixé à un support en bois, et un agitateur permet d'homogénéiser la température de l'eau dans toute sa masse.

Mode opératoire ✦ - Pour mesurer une quantité de chaleur, on la cède à une masse donnée d'eau (M), et on observe sa variation de température ($t' - t$) d'où l'on déduit :

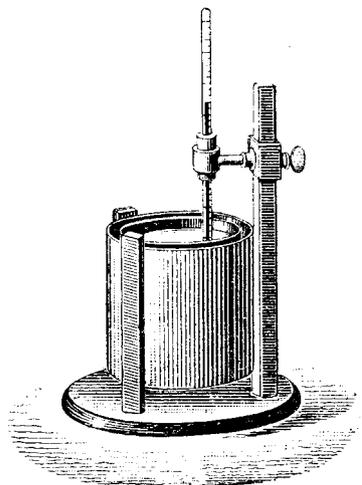
$$Q = M (t' - t)$$

- Pour mesurer, par exemple, la chaleur spécifique (c) d'un solide, après avoir déterminé sa masse (M), on le chauffe à une température connue (T), puis on le plonge dans une masse d'eau froide dont la masse (m) et la température (t) initiale sont également connues. Dès que le solide est plongé dans l'eau, la température de celle-ci s'élève pour atteindre une valeur maximale (t').

Le solide a perdu une quantité de chaleur $Mc (T - t')$. L'eau a absorbé une quantité de chaleur $m (t' - t)$.

Or, la quantité de chaleur cédée par le corps chaud est égale à la quantité de chaleur absorbée par l'eau donc : $Mc (T - t') = m (t' - t)$. D'où : $c = m (t' - t) / M (T - t')$

En fait le calorimètre et ses accessoires absorbent une certaine quantité de chaleur $m (t' - t)$ dans laquelle m est la valeur en eau du calorimètre qu'il aura fallu préalablement déterminer donc : $c = (m + m) (t' - t) / M (T - t')$



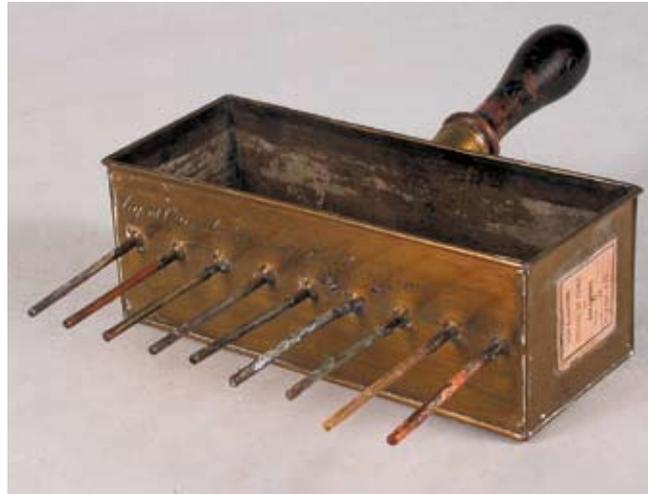
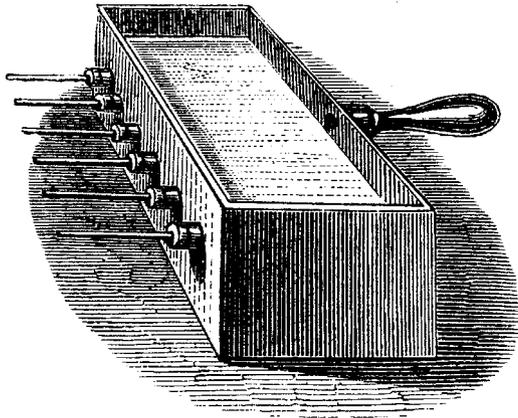
H : 24 - D : 17

125 APPAREIL D'INGENHOUSZ

Loi ou phénomène ↪ Conductivité thermique des corps.

Description ↪ Il se compose d'une cuve en laiton dont une paroi latérale porte des tiges de même diamètre et de même longueur, mais de substances différentes.

Expérience ↪ Les tiges sont préalablement recouvertes de cire. On verse de l'eau chaude dans la cuve, on constate que la cire des tiges fond sur des longueurs inégales. On peut donc classer les substances suivant leur facilité à conduire la chaleur: le cuivre est un excellent conducteur thermique, par contre, le verre, le bois en sont de mauvais. Certaines substances sont même des isolants thermiques.



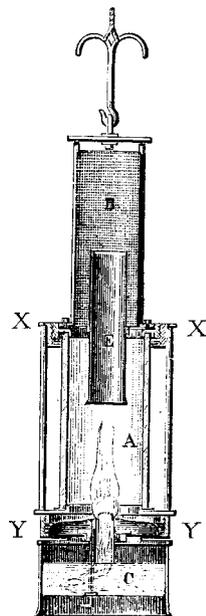
H : 8 - L : 28 - L : 21

126 LAMPE DE SÛRETÉ DE DAVY

- Fonction** ✦ Permettre aux ouvriers qui travaillent dans les mines de houille de disposer d'un éclairage qui les préserve des explosions du «grisou».
- Description** ✦ Elle se compose d'une lampe à huile ordinaire (C), dont la flamme est entourée d'un cylindre de verre (A) qui se termine par une toile métallique (B). Une petite cheminée cylindrique métallique (E) surmonte la flamme.
- Mode opératoire** ✦ Les produits de la combustion, en partie entraînés par la cheminée (E), s'échappent dans l'atmosphère en traversant la toile métallique (B) ; l'autre partie séjourne en (A), où elle se mélange avec l'air extérieur qui pénètre à travers la toile (B).

La proportion convenable de l'air autour de la flamme est donc assurée par le jeu même de l'appareil : elle suffit à entretenir la combustion.

Lorsque l'atmosphère de la mine contient une proportion notable de méthane ou «grisou», le mélange avec l'air produirait une détonation redoutable à l'approche d'un corps enflammé. À mesure que ce gaz pénètre dans l'appareil il se mélange avec les produits de la combustion, en sorte qu'il ne peut en général plus prendre feu au contact de la flamme. D'ailleurs, si le mélange prend feu, la combustion ne peut pas se propager à l'extérieur, la toile métallique (B) ayant pour effet de refroidir les produits de la combustion et d'empêcher la flamme de la traverser.



H : 27 - D : 6

127

APPAREIL DE SÉNARMONT pour la conductibilité des cristaux

Loi ou phénomène ➤ La conductibilité thermique des cristaux n'est la même dans toutes les directions.

Description ➤ Il est constitué par une tige horizontale en laiton terminée à une de ses extrémités par une pointe très effilée. Une lampe à alcool posée sur un support métallique permet de chauffer l'extrémité opposée de la tige.

Expérience ➤ On taille une lame mince dans le cristal à étudier et on la couvre de cire pour lui donner une conductibilité externe uniforme. On perce en son milieu un trou étroit dans lequel on engage l'extrémité effilée de la tige que l'on chauffe par son extrémité opposée. La cire fond à partir de ce trou et forme, à la limite de la fusion, un bourrelet qui persiste après le refroidissement et qui dessine une courbe isotherme. Cette courbe est un cercle quand la lame est symétrique dans tous les sens ; elle est une ellipse lorsque cette symétrie n'existe pas. On conçoit qu'en taillant dans un même cristal des plaques différemment inclinées par rapport aux axes de cristallisation, et en observant dans chaque cas la position de l'ellipse on peut en déduire la forme des surfaces isothermes qu'on obtiendrait si l'on échauffait la substance par un point intérieur.



H : 19,5 - D : 13



Remarque

De Sénarmont a reconnu ainsi que cette surface est un ellipsoïde :

1°) Dans le système cubique, cet ellipsoïde se réduit à une sphère.

2°) Dans le deuxième et troisième système, où le cristal admet un axe de symétrie, l'ellipsoïde est de révolution autour de cet axe.

3°) Dans le quatrième système, où l'on trouve trois axes inégaux perpendiculaires entre eux, l'ellipsoïde a aussi ses axes inégaux ; ils ont la même direction que ceux de la cristallisation.

4°) Le cinquième système possède un axe cristallographique perpendiculaire au plan des autres qui sont inclinés entre eux, et l'ellipsoïde a un de ses axes confondus avec le premier, et les deux autres dans des directions qu'on ne peut assigner a priori.

5°) Enfin dans le sixième système, où l'on trouve trois axes de cristallisation inclinés entre eux, les axes de l'ellipsoïde isotherme n'ont pas de direction qu'on puisse formuler en loi.

128

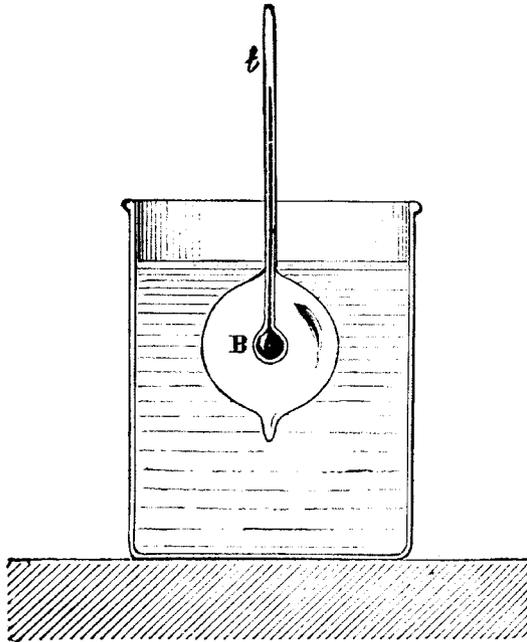
BALLON DE RUMFORD pour rayonnement dans le vide

Loi ou phénomène ➤ Rayonnement des sources de chaleur dans le vide.

Description ➤ Un thermomètre est soudé par sa tige dans un ballon en verre où l'on a fait le vide. Le réservoir (B) du thermomètre est noirci et occupe le centre du ballon.

Expérience ➤ - On plonge le ballon dans l'eau chaude et on constate que la température augmente. Les parois du ballon rayonnent à travers l'espace vide le séparant du réservoir (B) qui reçoit ainsi de l'énergie.

- On plonge le ballon dans l'eau froide, la température diminue, le réservoir cède de l'énergie par rayonnement vers la paroi froide du ballon.



H : 44 - D : 5

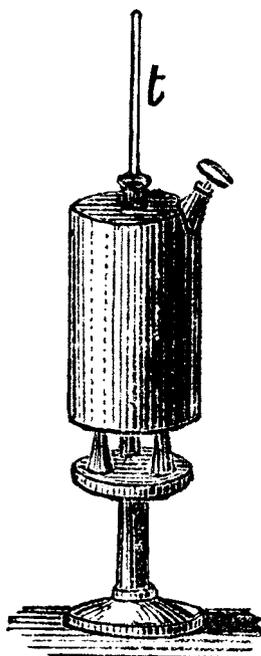
129

VASES POUR L'ÉTUDE DU POUVOIR ÉMISSIF

Loi ou phénomène ↪ Le pouvoir émissif ou pouvoir rayonnant d'un corps dépend de la nature de sa surface.

Description ↪ Il s'agit de deux vases cylindriques identiques dont la partie supérieure est fermée par un couvercle muni d'un trou prévu pour le passage d'un thermomètre. La surface latérale de l'un d'eux est nue, et celle de l'autre est noircie par la fumée d'une lampe.

Expérience ↪ On remplit ces vases d'eau bouillante. On mesure le temps que met chaque thermomètre pour baisser de 1°C. On constate que le vase nu se refroidit plus lentement que celui recouvert de noir de fumée.



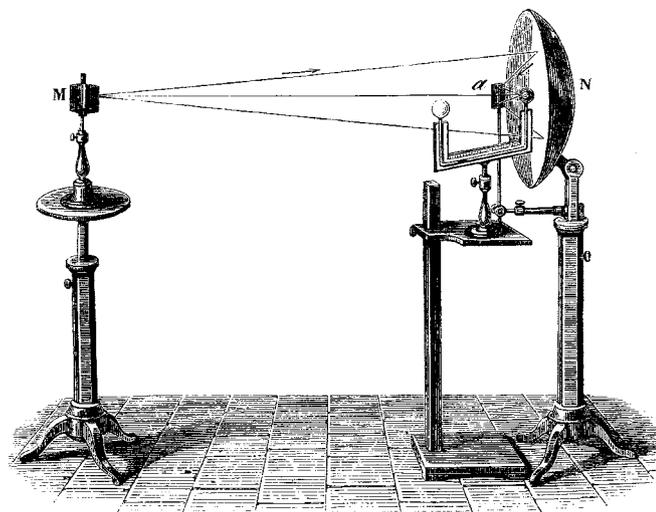
H : 15 - L : 15 - D : 8

130 CUBE DE LESLIE

Fonction ➤ Servir de source de chaleur pour étudier la chaleur rayonnante des substances.

Description ➤ Il s'agit d'un cube creux comportant quatre faces verticales formées de métaux différents ou recouvertes de diverses substances comme noir de fumée, papier, etc.

Mode opératoire ➤ Le cube est rempli d'eau à 100 degrés.



H : 42 - L : 11 - L : 11 H : 35 - L : 10,5 - L : 10,5



Remarque

Leslie, à l'aide de ce cube associé à un thermomètre différentiel (voir n° 102) et un miroir sphérique (voir n° 133) a déterminé les pouvoirs réflecteur, diathermane et émissif de diverses substances. Melloni fit de même avec son banc (voir n° 132) comportant notamment la pile thermoélectrique qui porte son nom et le galvanomètre de Nobili.

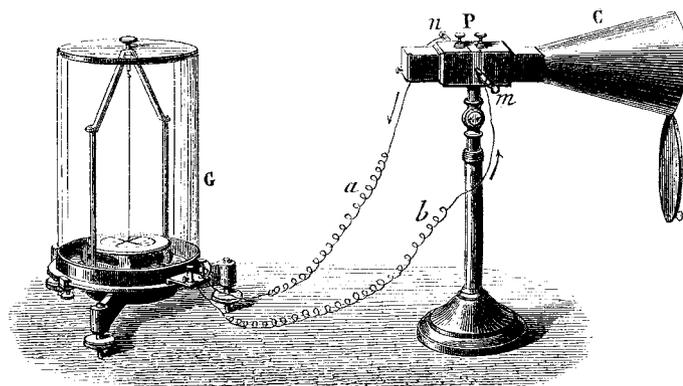
131 PILE THERMOÉLECTRIQUE DE MELLONI

Fonction ↪ Mesurer des écarts de températures de quelques centièmes de degré en utilisant les propriétés pyroélectriques des cristaux.

Description ↪ Elle est formée de petits barreaux de bismuth et d'antimoine, soudés alternativement. Le montage est tel que les soudures de rang pair sont à une température et les soudures de rang impair à une autre température.

Les pôles de la pile sont des fils soudés aux deux barreaux extrêmes.

Mode opératoire ↪ Si on relie les deux bornes de la pile à un galvanomètre on peut discriminer des températures à quelques centièmes de degré.



H : 20 - D : 7



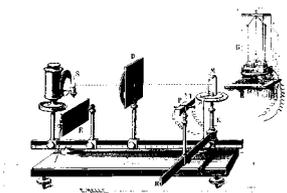
Remarque

On a donné le nom de thermomultiplicateur de Melloni à l'ensemble pile-galvanomètre.

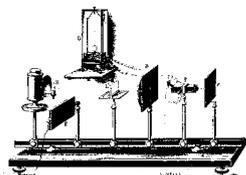
132 BANC DE MELLONI

Fonction ↪ Mesurer :

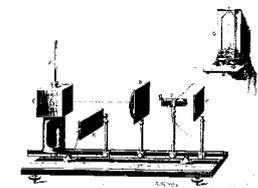
- 1°) le pouvoir réflecteur d'un miroir (rapport de la chaleur réfléchi à la chaleur incidente).
- 2°) le pouvoir diathermane d'une substance (rapport entre la quantité de chaleur transmise et la quantité de chaleur incidente, sous une épaisseur déterminée et pour une source calorifique donnée).
- 3°) le pouvoir émissif d'une substance (rapport de la quantité de chaleur émise par cette substance à celle qui est émise par une surface égale de noir de fumée à la même température).



Description ↪ La pile thermoélectrique (P) et les principales pièces qui servent aux mesures de rayonnement sont alignées sur une règle métallique horizontale divisée sur laquelle se déplacent plusieurs colonnes en laiton que l'on serre avec des vis de pression et qui supportent :



- 1°) La source (S), un écran (E) pour intercepter à volonté le rayonnement, un diaphragme (D) à ouverture variable pour limiter le faisceau reçu par la pile, une colonne (K) supportant une plate-forme horizontale circulaire, divisée en degrés et une règle auxiliaire (R) mobile autour de la verticale portant une pile thermoélectrique.
- 2°) La source (S), l'écran (E), une lame (L) placée verticalement sur un support, le diaphragme (D), la pile (P), un écran (e) pour protéger la seconde face de la pile.
- 3°) Un cube creux (C) dont les faces verticales sont recouvertes de noir de fumée et de substances différentes, l'écran (E), le diaphragme (D), la pile (P), l'écran (e).



Mode opératoire ↪

1°) La règle mobile qui porte la pile est d'abord tournée dans le prolongement de la règle principale de manière à recevoir sur la pile le faisceau incident. On note au galvanomètre l'impulsion (a) due à la radiation directe. Ensuite le miroir est installé verticalement au centre de la plate-forme, on fait tourner la règle (R) et on amène l'axe de la pile dans la direction du faisceau réfléchi. On note l'impulsion (a'). Le rapport a'/a est égal au pouvoir réflecteur.

2°) On reçoit sur la pile (P) le rayonnement direct de la source (S) et on note l'impulsion (a). Ensuite entre la source (S) et la pile (P) on interpose la lame (L) et on note l'impulsion (a'). Le rapport a'/a est le pouvoir diathermane.

3°) Le cube (C) contient de l'huile chaude dont la température est maintenue constante en agitant et en introduisant de temps en temps de petites quantités de liquide chaud.

On fait rayonner successivement vers la pile les diverses faces du cube, l'axe de la pile étant perpendiculaire à la face qui rayonne ; on observe au galvanomètre des impulsions différentes. Ces impulsions mesurent les quantités de chaleur émises pendant le même temps par des surfaces d'égale étendue, à la même température.

Pouvoirs émissifs à 100°C : Noir de fumée : 1 - Argent mat : 0,54 - Argent poli : 0,025



H : 35 - L : 102 - L : 19

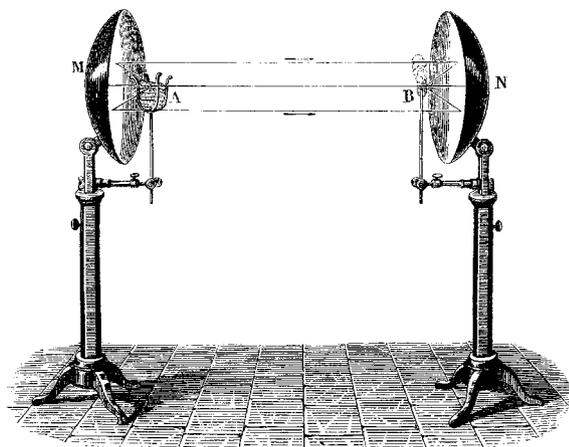
133 MIROIRS CONJUGUÉS OU MIROIRS ARDENTS

Loi ou phénomène ↪ La chaleur se propage par rayonnement comme la lumière.

Description ↪ Il s'agit de deux miroirs concaves métalliques aux foyers desquels on peut placer deux corbeilles métalliques, l'une contenant des charbons ardents, l'autre de l'amadou.

Expérience ↪ On place les deux miroirs à quelques mètres l'un de l'autre de façon que leurs axes coïncident. En un point, appelé foyer, de l'un des miroirs on met une bougie allumée et l'on constate qu'on peut recueillir l'image de la bougie sur un petit écran placé au foyer de l'autre miroir.

On remplace alors la bougie par la corbeille métallique remplie de charbons ardents, et l'écran par la corbeille contenant de l'amadou. L'amadou s'enflamme alors, car de l'énergie rayonnante émise par les charbons ardents, s'est propagée, s'est réfléchi sur le premier miroir puis sur le second pour enfin atteindre l'amadou.



H : 140 - D : 48



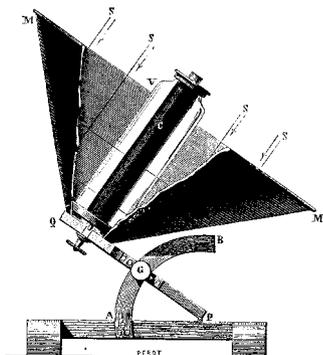
Remarque

Au cours de la seconde guerre punique entre Rome et Carthage, en 212 avant notre ère, le général et consul romain Marcellus commande l'assaut de la ville de Syracuse, alliée de Carthage. Géomètre célèbre, mais aussi ingénieur militaire, Archimède assure la défense de cette cité. On dit qu'Archimède réussit à mettre en déroute la flotte romaine en concentrant les rayons solaires sur les bateaux ennemis grâce à des «miroirs ardents» qui y provoquèrent des incendies.

constructeur
LECOMTE À PARIS

134 MOTEUR SOLAIRE D'AUGUSTIN MOUCHOT

- Fonction** ➤ Concentrer avec un réflecteur les rayons du soleil pour échauffer rapidement et amener à l'ébullition des liquides comme l'eau, l'alcool, etc... une chaudière laquelle met en mouvement une machine à vapeur.
- Description** ➤ Il est constitué par un miroir métallique argenté (MM), qui a la forme d'un cône. Au centre se trouvent trois vis qui permettent d'y placer soit une petite chaudière constituée d'un cylindre en cuivre mince noirci à l'extérieur, entouré d'un cylindre de verre soit une petite machine à vapeur.
- Mode opératoire** ➤ On dirige l'axe du miroir vers le soleil et en opérant par un beau soleil on peut ainsi amener de l'eau à ébullition en 15 à 20 minutes, faire fonctionner une petite machine à vapeur ou fondre certains matériaux.



Remarques

- Le verre laisse passer les rayons infrarouges réfléchis par le miroir, lesquels viennent échauffer le réservoir dont la surface noircie les absorbe presque intégralement. À mesure que le réservoir et le liquide s'échauffent ils émettent des quantités de chaleur croissantes, mais cette chaleur est arrêtée par le verre (effet de serre) : le refroidissement du liquide est donc à peu près nul, et la température s'élève rapidement.
- L'assistant de Mouchot, Pifre, continua à construire moteurs solaires toujours plus grands et efficaces et réussit en 1880, à Paris, à faire fonctionner une machine typographique qui imprima 500 exemplaires d'un «Journal du Soleil».



H : 46 - D : 41
 H : 17 - D : 7 (CHAUDIÈRE)
 H : 22 - D : 7 (MACHINE À VAPEUR)

constructeur
 ABEL PIFRE
 INGÉNIEUR CONSTRUCTEUR
 PARIS, 24 RUE D'ASSAS

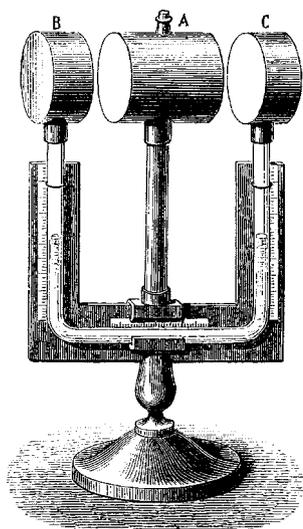
135 APPAREIL DE RITCHIE

Loi ou phénomène ➤ **Loi de Leslie** : « *le pouvoir émissif d'un corps, relatif au noir de fumée, est toujours égal à son pouvoir absorbant relatif* » c'est-à-dire que si une substance émet 2 fois, 3 fois plus de chaleur que le noir de fumée, elle en absorbe 2 fois, 3 fois plus.

Description ➤ C'est une sorte de thermomètre différentiel, constitué par deux réservoirs cylindriques (B) et (C) en métal, et pleins d'air, réunis par un tube à deux branches contenant de l'eau. Entre eux se trouve un troisième réservoir (A), plus grand, de même forme, qu'on peut remplir d'eau chaude par une tubulure. De plus (A) est mobile et peut être rapproché plus ou moins de (B) ou de (C). Enfin les faces de ces trois cylindres, qui sont en regard, sont alternativement recouvertes d'un plaqué d'argent et de noir de fumée, de manière que les deux faces en présence soient l'une argentée l'autre noire. Par suite, la face argentée de (A) rayonne vers la face noircie de (B), et la face noire de (A) vers la face argentée de (C).

Expérience ➤ Le réservoir (A) est rempli d'eau chaude, on remarque que, lorsqu'il est placé à égale distance de (B) et (C), la colonne liquide reste stationnaire et à la même hauteur dans les deux branches, ce qui prouve que les réservoirs (B) et (C) absorbent la même quantité de chaleur.

Si l'on représente par (a) et (e) les pouvoirs absorbant et émissif absolus du noir de fumée, par (a') et (e') ceux de l'argent, la quantité de chaleur absorbée par (B), étant en même temps proportionnelle à (a) et (e'), peut être représentée par (a x e'); de même la chaleur absorbée par (C) est représentée par (a' x e). On peut donc poser : $a \times e' = a' \times e$ et donc $a / a' = e / e'$
Donc les pouvoirs absorbants absolus sont proportionnels aux pouvoirs émissifs absolus (Loi de Leslie).



H : 40 - L : 36 - L : 17

constructeur
E. DUCRETET À PARIS

136

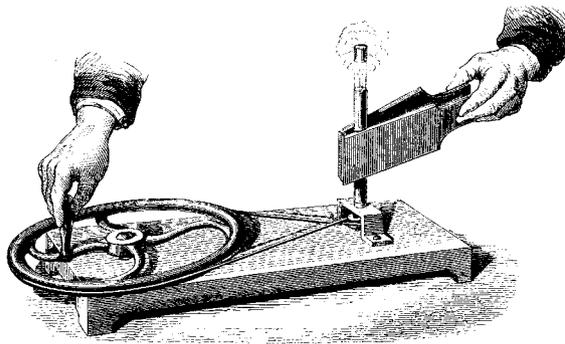
APPAREIL DE TYNDALL

Loi ou phénomène ✦ Production de chaleur par frottement.

Description ✦ Il se compose d'un tube de laiton, de 10 cm de hauteur et 2 cm de diamètre, que l'on peut faire tourner sur lui-même au moyen d'une roue équipée d'une chaîne de transmission. Une pince plate en bois formée de deux planchettes à rainures permet d'enserrer le tube en laiton.

Expérience ✦ On remplit le tube d'eau et on le ferme avec un bouchon. Tandis que d'une main on fait tourner la manivelle, de l'autre on serre le tube avec la pince plate.

À cause du frottement le tube s'échauffe rapidement, et lorsque la température de l'eau est suffisante, la pression de la vapeur projette le bouchon.



H : 26 - L : 57 - L : 30

constructeur
E. DUCRETET & CIE, PARIS

137

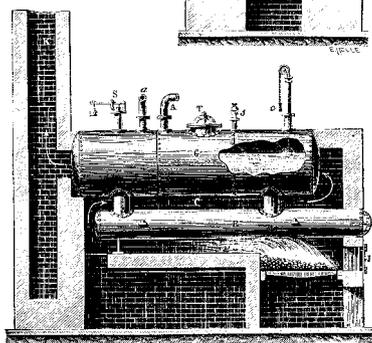
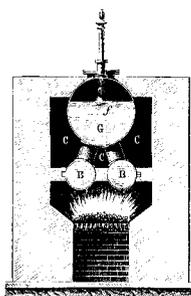
CHAUDIÈRE À VAPEUR À BOUILLEURS

Fonction ↪ Générer de la vapeur d'eau pour actionner le piston du mécanisme moteur.

Description ↪ Elle est composée d'un long cylindre (G) en tôle de fer ou en cuivre rouge, arrondi à ses extrémités. Au-dessous du cylindre principal et communiquant avec lui par de larges tubulures, sont disposés côte à côte deux cylindres (B) de même longueur et de plus petit diamètre appelés bouilleurs. Ces bouilleurs sont directement dans le foyer. Accessoires : soupape de sécurité (S) semblable à celle de la marmite de Papin, tube adducteur (a) de l'eau d'alimentation, tube (A) qui amène la vapeur à la machine, trou d'homme (T) qu'on ouvre pour les nettoyages et réparations du générateur, sifflet d'alarme (s) qui fonctionne aussitôt que le niveau baisse au-dessous de la hauteur convenable, un indicateur (c) de niveau de l'eau.

Mode opératoire ↪ On fait pénétrer l'eau en quantités convenables dans les bouilleurs et le cylindre principal ; le foyer dans lequel on brûle de la houille ou du coke est mis en route. La vapeur qui se forme d'abord dans les bouilleurs vient se condenser dans l'eau du cylindre principal et l'échauffe

rapidement. La vapeur qui exerce sur les parois de la chaudière une pression de 10, de 20 kilogrammes et plus par cm^2 , est envoyée par le tube (m) dans le cylindre et tiroir de la machine à vapeur.



H : 63 - L : 71 - L : 27



Remarque

Il ne faut pas que le niveau de l'eau descende trop bas, car les parois de la chaudière laissées à découvert rougiraient, ce qui pourrait donner lieu à une explosion, par suite d'une production trop brusque d'une grande quantité de vapeur au moment d'une nouvelle introduction d'eau.

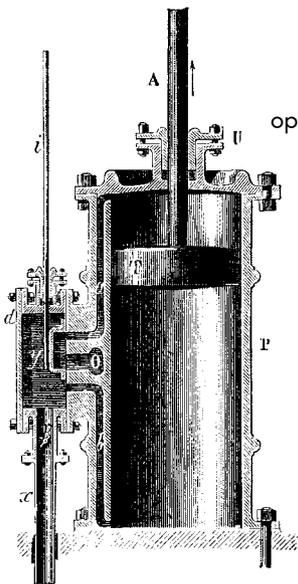
138

CYLINDRE ET TIROIR DE DISTRIBUTION DE VAPEUR

Fonction ➤ Sert, dans une machine à vapeur, à faire agir alternativement la vapeur au-dessous et au-dessus du piston, et en même temps, à faire échapper, au moment convenable, la vapeur détendue qui vient de travailler.

Description ➤ Le cylindre est un corps de pompe en acier, où se déplace le piston, également en acier, muni d'une tige passant dans l'un des fonds du cylindre, garni d'un presse étoupe. La paroi du cylindre est percée de deux conduits (a) et (b), qui amènent la vapeur alternativement de chaque côté du piston. Ces conduits aboutissent, de l'autre côté, dans la boîte à vapeur, en communication avec la chaudière. Une sorte de piston (y) que sa forme a fait appeler « tiroir », ferme toujours un des conduits grâce au mouvement de haut en bas de sa tige (i).

Mode opératoire ➤ Tant que la vapeur arrive au dessous du piston, la partie supérieure du cylindre est en communication par le conduit (a) avec une cavité (o) d'où part un tuyau qui évacue la vapeur qui vient d'agir sur le piston. Puis quand la vapeur arrive au dessus du piston, c'est la partie inférieure du cylindre qui communique par le conduit (b) avec la cavité (o). Les conduits (a) et (b) servent alternativement à l'arrivée et à la sortie de la vapeur.

**Remarque**

C'est à l'ingénieur anglais Watt que sont dus les premiers types de machines à vapeur vraiment industrielles. Ses prédécesseurs, Papin, Newcomen, Jouffroy, n'avaient établi que des modèles rudimentaires, dans lesquels les diverses communications de la vapeur entre la chaudière et le cylindre de la machine s'établissaient au moyen de robinets généralement manœuvrés à la main. L'invention capitale de Watt fut le tiroir de distribution.



H : 26 - L : 40 - L : 14 (MODÈLE)



H : 37 - L : 17 - L : 14 (COUPE)

139 MACHINE À BALANCIER DE WATT

Fonction ➤ Convertir de la chaleur en énergie mécanique.

Description ➤ Le cylindre moteur, à gauche, reçoit la vapeur sous pression qui arrive par le tuyau (V), qui la conduit d'abord dans la boîte de distribution (bv). La pression de la vapeur fait déplacer le piston dont la tige est articulée par l'intermédiaire du parallélogramme (a b g) avec l'extrémité du balancier (a a'), levier très fort, ordinairement en fonte, mobile sur deux tourillons qu'il porte en son milieu. L'autre extrémité (a') du balancier est articulée avec une bielle (B), articulée elle-même par son autre extrémité à une manivelle (m) fixée à l'arbre qu'il s'agit de faire tourner de manière que le mouvement d'oscillation que reçoit la bielle se transforme en un mouvement de rotation.

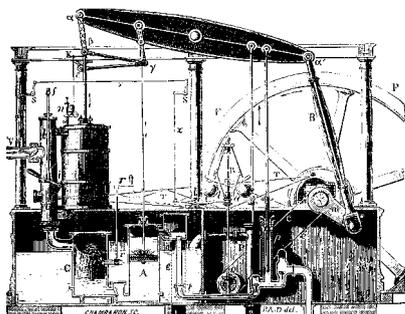
Un volant (FF), très pesant, sert à régulariser les mouvements, et en même temps à faire franchir, par sa vitesse acquise, les deux points morts quand la bielle est dans le prolongement de la manivelle.

(C) est le condenseur dans lequel on règle l'arrivée de l'eau d'injection au moyen du robinet (rr). Grâce à la pompe (P), mise en mouvement par le balancier, de l'eau issue d'un puits ou tout autre source est envoyée autour du condenseur (C).

La pompe (A) extrait l'eau réchauffée du condenseur et la conduit au dehors par le tuyau (e).

Pour rendre régulière la vitesse de la machine, un modérateur à force centrifuge (R) fait varier la quantité de vapeur qui arrive dans la boîte de distribution, de manière à en fournir une moindre quantité quand la vitesse s'accélère.

Mode opératoire ➤ Envoyer dans le tuyau (V) de la vapeur produite par une chaudière (voir n° 137).



H : 57 - L : 79 - L : 21

140 MOTEUR À ESSENCE DE PÉTROLE type De Dion-Bouton

Fonction ➤ Actionner les automobiles en utilisant l'énergie libérée par l'explosion du mélange détonant d'air-vapeur d'essence de pétrole.

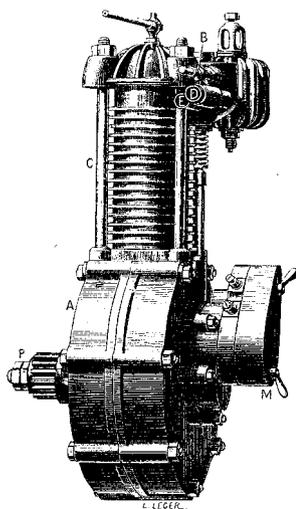
Description ➤ Il se compose d'un corps de pompe (C) entouré d'ailettes métalliques destinées à activer son refroidissement en lui donnant une grande surface de contact avec l'air extérieur. A la partie inférieure du moteur se trouve une boîte en aluminium (A), appelée «carter», où aboutit la tige du piston et sa bielle qui met en mouvement deux masses métalliques servant de volants. Leur axe traverse le carter : d'un côté il porte le pignon (P) qui sert à transmettre le mouvement au véhicule, de l'autre il porte les engrenages (M) nécessaires au fonctionnement du moteur.

Mode opératoire ➤ Le mélange détonant se forme dans le carburateur. L'air extérieur, aspiré par le jeu du piston, vient lécher la surface du liquide et se sature de vapeur, puis, par un mécanisme analogue à celui des brûleurs à gaz, il se mélange à une plus grande quantité d'air qu'on peut régler par un robinet, afin d'atteindre le point où le mélange est détonant. De plus un tube dans lequel circule une partie des gaz brûlés, traverse le carburateur pour élever la température de l'essence et rendre sa volatilisation plus facile. Les gaz arrivent au moteur en (D).

L'allumage se fait par l'étincelle d'une bobine d'induction : elle éclate entre deux fils de platine contenus dans une bougie de porcelaine (B) aboutissant dans la chambre d'explosion : c'est une cavité située au-dessus du corps de pompe et communiquant librement avec lui. Dans la chambre d'explosion se trouvent aussi les orifices, fermés par des soupapes, de l'admission du gaz détonant et de l'échappement des produits de la combustion. La rupture du courant inducteur de la bobine qui provoque l'étincelle est produite automatiquement par une came.

Le moteur fonctionne à 4 temps. • 1^{er} temps : le piston en haut de sa course descend.

La soupape d'admission s'ouvre et le vide produit au dessus du piston aspire ainsi le mélange détonant. • 2^{ème} temps : le piston remonte, la soupape d'admission se ferme sous l'action de son ressort et de la pression intérieure, le gaz se comprime dans la chambre d'explosion. • 3^{ème} temps : l'étincelle éclate, l'explosion se produit, le piston est repoussé ; c'est le temps du travail. • 4^{ème} temps : le piston remonte, il comprime les gaz résultant de la combustion, mais, à un moment donné, la soupape d'échappement s'ouvre par le jeu d'un mécanisme et les gaz sont expulsés dans l'atmosphère par le tube (E).



Remarque

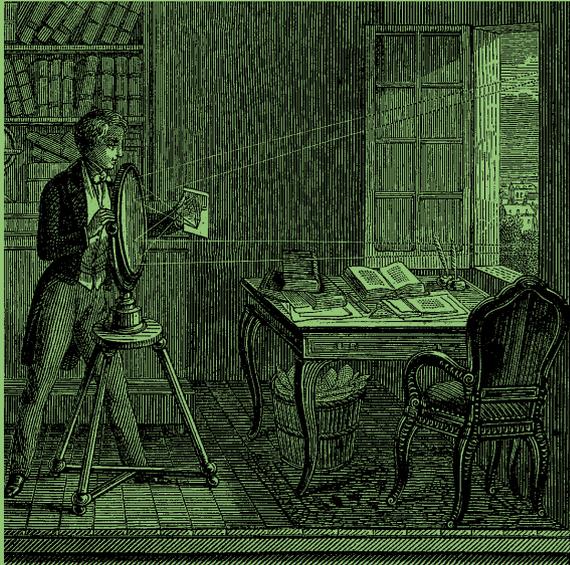
Ce moteur de Dion-Bouton, employé dans les tricycles à pétrole, avait une puissance de 1,25 cheval, pesait seulement 22 kilogrammes pour 45 cm de hauteur sur 28 cm d'épaisseur.



H : 43 - L : 27 - L : 9
H : 55 (AVEC SUPPORT)

constructeur
DE DION BOUTON

OPTIQUE



L'optique traite des propriétés de la lumière et de ses relations avec la vision.

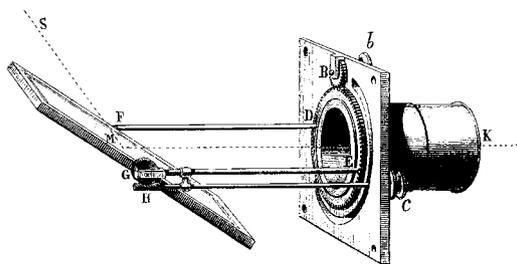
Pour expliquer la chaleur, les physiciens, au XVII^{ème} siècle, ont adopté les mêmes hypothèses que pour les phénomènes d'optique : celle de «l'émission» proposée par Newton en 1669 et celle «des ondulations» par Huyghens en 1660. Le renom de Newton fait que sa théorie éclipse longtemps celle de Huyghens et c'est vers 1820, que Fresnel affirme les bases de l'optique ondulatoire.

De nos jours, on considère la lumière comme l'association d'une onde et d'un corpuscule, sans masse, transportant de l'énergie, le photon. L'un ou l'autre de ces modèles, onde ou corpuscule, permet d'interpréter tous les phénomènes liés à la lumière.

Une conséquence très importante est la mise au point du LASER dans les années 1960. Incontestablement le rayonnement LASER a révolutionné le monde de l'optique et a vu depuis une dizaine d'années fleurir de nombreuses applications dans des domaines très variés comme l'industrie, la médecine, la recherche, la musique, le spectacle, le commerce...

141 PORTE-LUMIÈRE

- Fonction** ✦ Faire entrer dans une pièce obscure un faisceau de rayons solaires à qui on fera conserver une direction donnée, malgré le mouvement du Soleil.
- Description** ✦ Il se compose d'un miroir (M) placé en dehors du volet de la pièce obscure. On peut l'incliner autour d'un axe parallèle à son plan, à l'aide du bouton (c) qui agit sur une vis sans fin (H) et un pignon (G). On peut aussi le faire tourner de l'axe général de l'appareil, à l'aide du bouton (b) qui agit sur la roue dentée (B) qui engrène avec l'anneau (DE) dont le contour extérieur est denté et qui est solidaire du miroir.
- Mode opératoire** ✦ On agit sur le bouton (b) jusqu'à ce que le plan de réflexion (SMK) passe par le Soleil (S) et ensuite sur le bouton (c) jusqu'à ce que le faisceau réfléchi (MK) se dirige suivant la direction horizontale du tube (K). Il suffit ensuite d'agir de temps en temps sur les boutons (b) et (c) pour ramener les rayons réfléchis dans cette direction quand ils la quittent par l'effet du mouvement du Soleil.



H : 35 - L : 23 - L : 23



Remarque

L'inconvénient du déplacement du Soleil suggéra à Fahrenheit l'idée de l'héliostat, appareil dans lequel une horloge déplace continûment le miroir, suivant des conditions calculées pour que le rayon réfléchi reste immobile.

142 LUMIÈRE DRUMMOND

Fonction ✦ Produire un faisceau lumineux intense pour les expériences d'optique.

Description ✦ Le dispositif est constitué d'un tube incliné à sa partie supérieure. A l'intérieur de celui-ci se trouvent deux tubes étroits amenant des gaz et commandés par deux robinets (A) et (B).

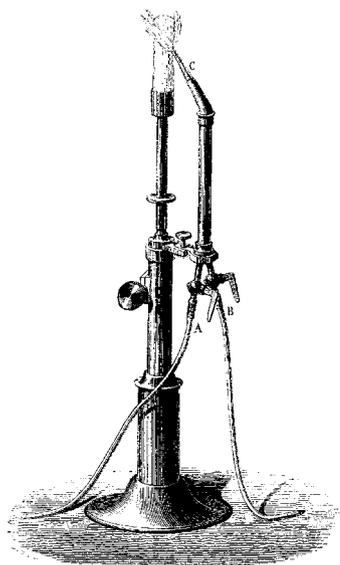
Une crémaillère permet d'élever ou d'abaisser un cylindre de chaux. Sur certains modèles une seconde crémaillère permet de déplacer l'ensemble d'avant en arrière.

Mode opératoire ✦ Le robinet (A) commande l'arrivée du gaz d'éclairage.

Le robinet (B) commande l'arrivée de l'oxygène, préparé avec le chlorate de potassium, dans des cornues de fer, et conservé sous pression dans des sacs de caoutchouc. Pour éviter tout risque d'explosion les deux gaz ne se mélangent qu'au moment où ils s'enflamment.

On laisse brûler continuellement le gaz d'éclairage et l'on n'amène l'oxygène qu'au moment de l'expérience.

Les deux courants gazeux arrivent obliquement et la flamme obtenue chauffe fortement le cylindre de chaux qui s'illumine avec grand éclat.



Remarque

Alfred Donné (1801-1878), chef de clinique à la Charité de Paris et professeur de médecine ne pouvait utiliser le microscope solaire puisqu'il donnait les cours le soir, et le ciel, souvent couvert, de Paris n'en permettait pas un usage régulier. Donné avait remarqué que les étudiants se dissipent si les expériences de cours ne fonctionnent pas bien. Aussi, installa-t-il un microscope solaire modifié, dont la source de lumière était un morceau de craie porté à incandescence par un chalumeau au gaz d'éclairage et oxygène (technique inventée vers 1820 par Thomas Drummond (1797-1840)). Un des habiles préparateurs de Donné n'était autre que Léon Foucault !



H : 136 - D : 13

constructeur

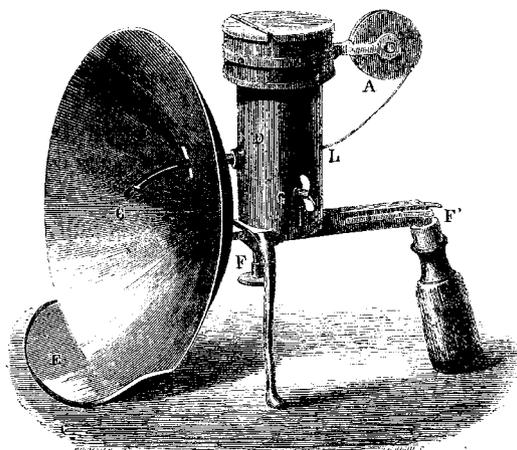
J. & A. DUBOSCOQ À PARIS. N° 553

143 LAMPE À RUBAN DE MAGNÉSIIUM

Fonction ➤ Produire une lumière très éclatante notamment pour la photographie.

Description ➤ Elle se compose d'une bobine (A), garnie de fil de magnésium, qui pénètre en (L) dans la boîte (D). Celle-ci contient deux roues, garnies de gutta-percha, mises en mouvement par un mouvement d'horlogerie. C'est entre ces deux roues que se trouve pincé le fil de magnésium qui avance et arrive devant un réflecteur d'argent (C) qui porte à sa base un récipient (E) qui reçoit la magnésie formée par la combustion. Le bouton (F) d'une crémaillère permet d'avancer ou de reculer le miroir réflecteur. Une languette (F') sert à mettre en marche ou arrêter le mouvement d'horlogerie.

Mode opératoire ➤ Il suffit de remonter le ressort du mouvement d'horlogerie à l'aide de la clef (G) et d'enflammer le fil de magnésium.



H : 21 - L : 26 - L : 21

constructeur

«MAGNESIUM LAMP»

J. SOLOMON N°994

22 RED LION SQUARE, LONDON

BREVETÉ SGDG

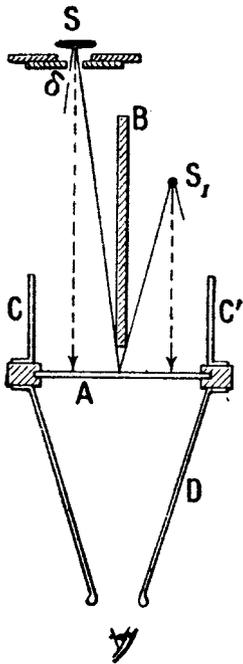
144 PHOTOMÈTRE DE FOUCAULT

Fonction ➤ Comparer avec la plus grande rigueur possible le pouvoir éclairant ou intensité de deux sources lumineuses.

Description ➤ L'appareil se compose d'une plaque de verre dépolie verticale (A), partagée en deux par un écran opaque (B) qui ne touche pas la plaque de verre : on peut, à volonté, le rapprocher ou l'éloigner de celle-ci. La plaque dépolie (A) est protégée contre toute lumière étrangère par les parois latérales d'une boîte (CC') dont elle forme le fond et par une sorte de cône (D). Le cône et la boîte sont noircis intérieurement.

Mode opératoire ➤ Pour constater l'égalité d'intensité de deux sources éclairantes S1 et S2, on se procure une source auxiliaire (S) d'intensité bien constante (S) et on l'installe avec S1 devant le photomètre, de part et d'autre de l'écran opaque, de telle manière que chaque moitié de la plaque dépolie soit éclairée normalement. On laisse (S) fixe et on éloigne ou on rapproche S1 du photomètre jusqu'à ce que l'éclairement soit le même sur les deux moitiés de la plaque dépolie.

Sans toucher à la source auxiliaire (S), on substitue alors à la source S1 l'autre source S2 et, si l'égalité d'éclairement persiste, on dit que les deux sources S1, S2 ont même intensité.



H : 50 - L : 37 - L : 14

constructeur
E. DUCRETET & CIE, À PARIS, N° 580

145 KALÉIDOSCOPE

Loi ou phénomène ➤ Réflexions multiples par les miroirs.

Description ➤ Il se compose d'un tube dans lequel sont placés deux miroirs inclinés à 60° , dont l'intersection est dirigée parallèlement à l'axe du tube. L'une des extrémités du tube est munie d'un petit trou qui sert à appliquer l'œil. A l'autre extrémité se trouvent deux plaques de verre, l'une transparente à l'intérieur ; l'autre située vers l'extérieur est en verre dépoli. Entre ces deux plaques on a introduit de menus objets diversement colorés (fragments de verre, de dentelles...)

Expérience ➤ On place l'œil contre le petit trou et on aperçoit un champ circulaire brillant, formé par ces objets et leurs cinq images symétriques disposées en une sorte de rosace à six compartiments. Si l'on fait tourner le tube, les objets prennent une disposition différente les uns par rapport aux autres ce qui permet de faire varier les dessins à l'infini.



H : 17 - D : 5



Remarque

Les kaléidoscopes sont employés comme jouets d'enfants. Les dessinateurs sur tissus en faisaient usage pour obtenir des combinaisons de dessins et couleurs.

constructeur
SOLEIL, RUE DE L'ODÉON, À PARIS

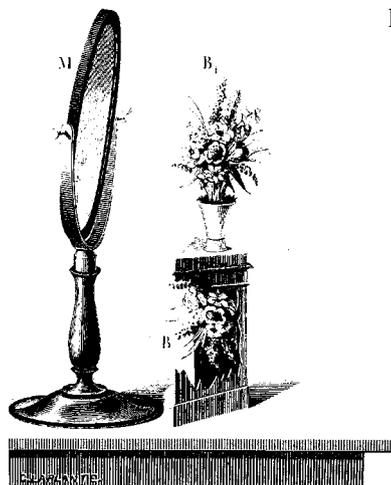
146 BOUQUET MAGIQUE

Loi ou phénomène ✦ Un miroir concave donne d'un objet une image inversée pour un œil convenablement placé.

Description ✦ Il s'agit d'une caisse formée de deux parois opaques entre lesquelles est disposé un bouquet renversé (B). A la partie supérieure de la caisse se trouve un vase à fleurs vide.

Expérience ✦ On place au-devant d'un miroir concave (M), et à peu près vers le centre, la caisse contenant le bouquet renversé. En inclinant le miroir, on lui donne une position telle, que l'image du bouquet vienne se faire en (B₁) juste au dessus du vase. Comme le bouquet est renversé, son image est droite (redressée), et par suite une personne bien placée, à une certaine distance au-delà de la caisse, voit le bouquet dans le vase.

Lorsque les couleurs du bouquet sont un peu vives, l'éclat de l'image est encore assez grand malgré la perte qu'amène la réflexion et l'illusion est complète.



H : 45 - L : 25 - L : 15
H : 71 - D : 33

147 MIROIRS CONCAVES ET CONVEXES

Loi ou phénomène ✦ Les miroirs concaves ont un foyer réel, les miroirs convexes ont un foyer virtuel.

Expérience ✦ Quand on tourne vers le Soleil, la face réfléchissante d'un miroir concave, on peut recueillir sur un écran, en un point situé à l'avant du miroir, une image du Soleil très petite, mais très brillante et très chaude : ce point est appelé le foyer (foyer réel).
Si on utilise un miroir convexe, on ne peut pas trouver d'image lumineuse du Soleil en quelque point qu'on place l'écran. Par contre, on voit une image du Soleil très petite et très brillante en un point en arrière du miroir («dans le miroir») : ce point est un foyer dit foyer virtuel.

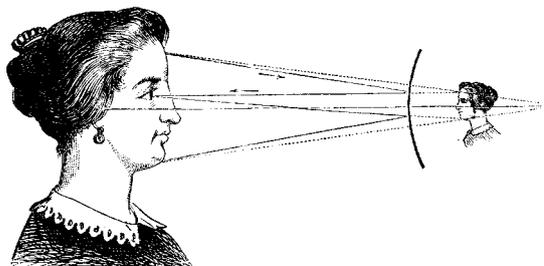
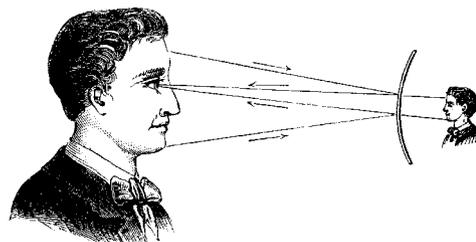
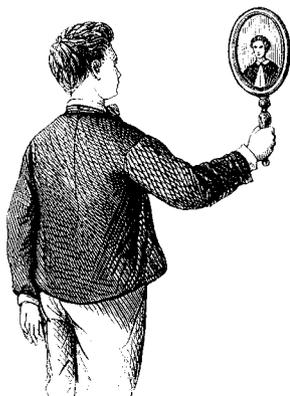
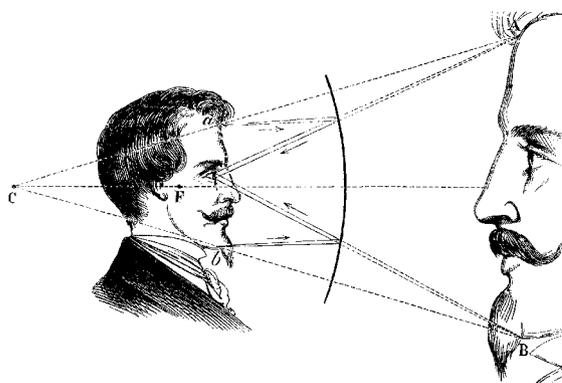


H : 70 - D : 32



Remarques

- On emploie les miroirs concaves comme réflecteurs pour rendre parallèles les rayons émis par une source lumineuse placée au foyer des appareils de projection. Ils donnent une image agrandie et sont utilisés comme miroirs de toilette.
- Les miroirs convexes sont utilisés pour agrandir le champ de vision, par exemple, à un coin de rue, à la sortie d'un garage ou comme rétroviseur.

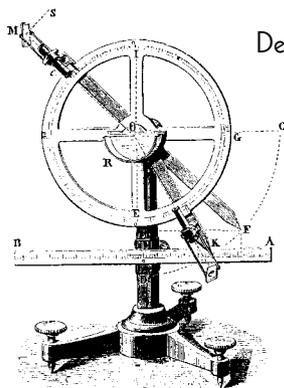


148 APPAREIL DE SILBERMANN

Loi ou phénomène ✨ La réfraction simple a lieu d'après les deux lois suivantes :

1°) le rayon incident et le rayon réfracté sont dans un même plan perpendiculaire à la surface réfringente.

2°) Quelle que soit l'obliquité du rayon incident, le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction sont dans un rapport constant. Ce nombre s'appelle l'indice de réfraction du deuxième milieu par rapport au premier.



Description ✨ Il consiste essentiellement en un cercle en laiton, gradué, disposé verticalement sur un pied à vis calantes et muni de deux alidades en laiton (MF) et (OK). Ces deux alidades peuvent se mouvoir sur la face postérieure du cercle, en tournant sur un tourillon central et peuvent parcourir librement toute la graduation, laquelle est tracée de part et d'autre des points (I) et (E) et va de 0° à 90° ; elles portent deux tubes (c) dont les axes, rigoureusement dirigés vers le centre, servent de guide aux rayons lumineux incidents et réfractés.

Sur le pied de l'appareil on peut fixer une règle horizontale (AB), divisée en millimètres, que l'on peut abaisser ou élever à volonté et qui donne des longueurs proportionnelles aux sinus des angles d'incidence et de réfraction.

Au centre du cercle est placé un vase hémicylindrique en verre (R).

Expérience ✨

On remplit de tout liquide transparent le vase (R) jusqu'à ce que la surface libre coïncide avec le plan horizontal qui contient le centre du cercle. On fait alors arriver un rayon lumineux (SMO) juste au centre du cercle gradué. Là le rayon se réfracte à son entrée dans l'eau ; puis il en sort, sans se réfracter de nouveau, normalement à la paroi cylindrique du vase. On le suit en tournant l'alidade (K) jusqu'à ce qu'une image lumineuse apparaisse au centre de l'écran (e). L'angle (KOE), que fait alors l'alidade (K) avec la normale (IE) menée au point d'incidence, est l'angle de réfraction : celui de l'incidence est l'angle (MOI) égal à (FOE), comme opposé par le sommet.

La première loi est vérifiée par la disposition même de l'appareil. En effet, le plan du limbe qui contient les deux rayons lumineux est perpendiculaire à la surface réfringente du liquide.

Maintenant, si l'on imagine que, du point (O) comme centre, avec le rayon (OK), on décrit l'arc de cercle (CD), le sinus de l'angle d'incidence est proportionnel à la droite (FH), mené perpendiculairement à (IE) prolongée, et le sinus de réfraction, à la perpendiculaire abaissée de l'extrémité (K) sur le prolongement de la même droite (IE).

On évalue ces deux grandeurs successivement à l'aide de la règle (AB). Leur rapport est égal au rapport $\sin i / \sin r$. En déplaçant l'alidade (M) on fait varier l'angle d'incidence, et l'on constate que $\sin i / \sin r$ est constant.



Remarque

On peut remplacer le vase hémicylindrique (R) par un miroir plan dont la surface est disposée dans le plan horizontal du centre. Dans ce cas, le même appareil peut servir à la vérification directe des lois de la réflexion.



H : 53 - L : 35 - L : 32

constructeur
SECRETAN, À PARIS

149 PRISME DE NEWTON

Loi ou phénomène ✨ Déviation et décomposition de la lumière blanche par un prisme.

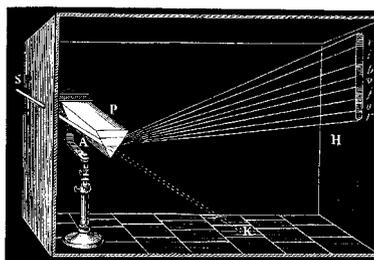
Description ✨ Il s'agit d'un prisme de verre à base triangulaire, monté sur un support articulé.

Expérience ✨ Dans l'obscurité, lorsqu'on fait arriver un faisceau de lumière blanche (par exemple, solaire) sur un écran, on observe une tache lumineuse blanche.

Si on interpose un prisme sur le trajet des rayons, la tache lumineuse n'est plus au même endroit, elle est déviée vers la base du prisme.

De plus cette tache est étalée, et présente une infinité de teintes où l'on a l'habitude de distinguer les sept couleurs de l'arc-en-ciel qui sont, en partant de celle qui est la moins déviée : rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet.

Cette tache colorée constitue le spectre de la lumière blanche.



Remarques

- En 1815, Fraunhofer découvrit dans le spectre de la lumière solaire des raies. En 1860, Kirchoff et Bunsen découvrirent une importante application du spectre solaire, sur laquelle ils basèrent une nouvelle méthode d'analyse chimique, appelée analyse spectrale, qui permit entre autres, de connaître la composition chimique des étoiles.

- Pourquoi parle-t-on des sept couleurs de l'arc en ciel ? C'est Newton qui en a parlé le premier, après avoir étudié la décomposition de la lumière blanche par le prisme. À l'époque, on pensait que le nombre 7 régissait l'harmonie du monde ; en effet le nombre 7 se retrouve dans les " sept planètes de Babyloniens ", les sept péchés capitaux, les sept jours de la semaine, les sept sacrements de l'Eglise, les sept merveilles du monde... Ainsi, depuis plus de trois siècles, nous sommes tenus d'ajouter le mystérieux indigo aux six couleurs familières.



H : 21 - D : 8

constructeur
DUCRETET ET ROGER, PARIS



H : 48 - D : 11

constructeur
VICTOR LEFEBVRE,
70 AVENUE DU MAINE, PARIS

150 POLYPRISME

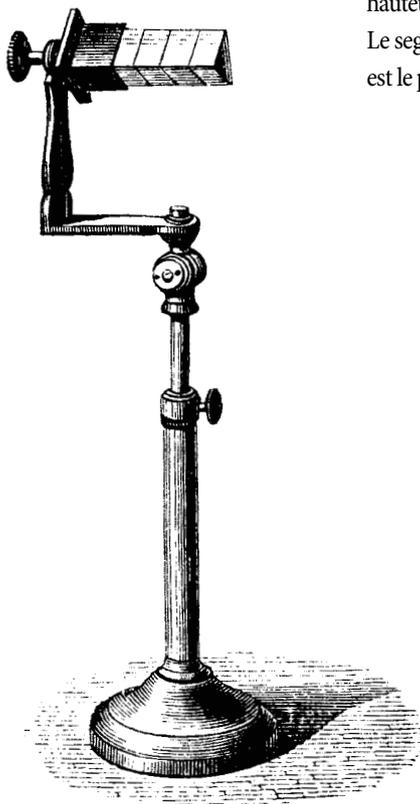
Loi ou phénomène ✦ La déviation de la lumière par un prisme croît avec l'indice de réfraction de ce dernier.

Description ✦ Il s'agit de plusieurs prismes de même angle accolés par leur section principale.

Ils sont de substances inégalement réfringentes, par exemple, de verre, de flint, de cristal de roche...

Expérience ✦ Si l'on regarde une ligne droite à travers eux, on observe des segments situés à des hauteurs inégales.

Le segment le plus relevé est celui qu'on voit à travers le flint, dont l'indice de réfraction est le plus grand.



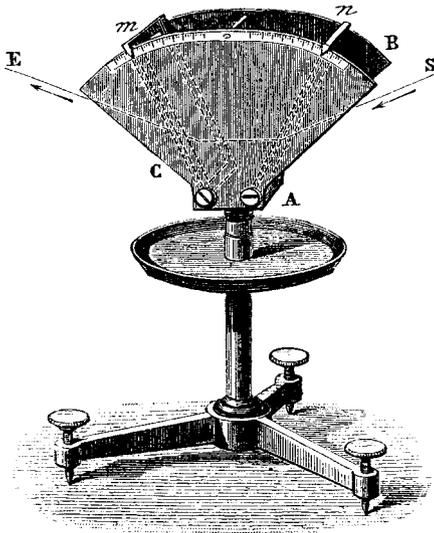
H : 34 - D : 9

151 PRISME À ANGLE VARIABLE

Loi ou phénomène ➤ Pour des prismes de même nature et pour une même incidence, la déviation croît avec l'angle du prisme.

Description ➤ Il s'agit d'une cuve prismatique formée par deux plaques de cuivre parallèles (B) et (C) fixées sur un pied. Entre ces plaques peuvent se mouvoir, autour de deux charnières horizontales, deux cadres (m) et (n) formés par des lames de verre.

Expérience ➤ On verse de l'eau dans cette cuve, ou tout autre liquide transparent. On fait arriver un rayon lumineux (S) sur l'une des faces, en laissant immobile cette dernière pour maintenir l'incidence constante, on incline la face de sortie de plus en plus, l'angle du prisme croît, et l'on voit augmenter la déviation du rayon lumineux émergent (E).

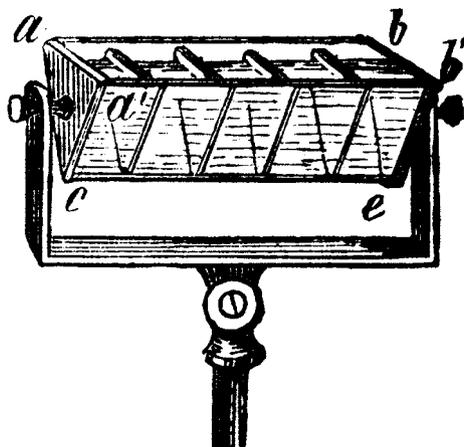


H : 51 - L : 30 - L : 8

constructeur
J. DUBOSCO, À PARIS

152 POLYPRISME À LIQUIDES

- Loi ou phénomène ✦ La déviation de la lumière par un prisme liquide varie suivant la nature de ce liquide.
- Description ✦ Il est composé de deux lames de verre (abce) et (a'b'ce) à arêtes bien parallèles et disposées en forme de prisme qui comporte plusieurs compartiments.
- Expérience ✦ On remplit les compartiments avec différents liquides et on fait tomber sur ce système un faisceau mince et assez large, dans le sens de l'arête, pour rencontrer à la fois tous les prismes.
- Le sulfure de carbone donne un très beau spectre. Celui que produit l'eau est peu étalé ; on le rend très brillant en saturant l'eau d'acétate de plomb.



H : 32 - L : 22 - l : 6

constructeur
SOLEIL, RUE DE L'ODÉON

153 PRISME-FLACON

Fonction ↪ Permettre de mesurer l'indice de réfraction des liquides.

Description ↪ Il s'agit d'un flacon, en verre noir, en forme de prisme dont deux faces sont percées d'ouvertures rectangulaires fermées par des lames minces en verre de miroir.

Mode opératoire ↪ On verse dans le prisme-flacon le liquide (à l'exception des solutions aqueuses) dont on veut déterminer l'indice n de réfraction par la méthode dite de Newton qui consiste à déterminer le minimum de déviation d :

$$n = \frac{\sin(A/2 + d/2)}{\sin A/2}$$

A : angle au sommet du prisme.



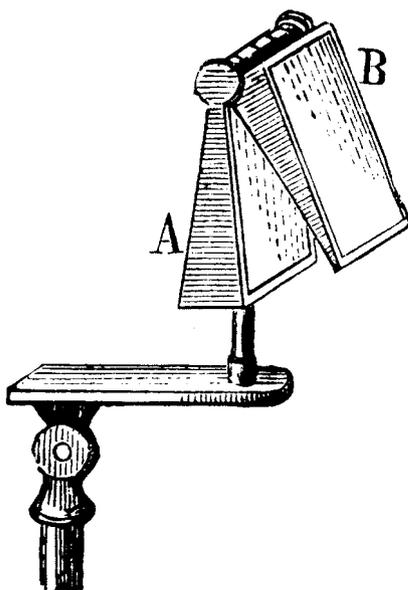
H : 45 - L : 6 - L : 6

154 SYSTÈME DE DEUX PRISMES ACHROMATIQUE

Loi ou phénomène ✦ Un système de prismes est achromatique, quand il dévie la lumière blanche sans la décomposer en plusieurs couleurs.

Description ✦ Le système est formé de deux prismes reliés, (A) en flint et (B) en crown, articulés au niveau du sommet de (A) et de la base de (B)

Expérience ✦ Lorsque les deux prismes sont accolés il y a déviation sans décomposition.
Le flint et le crown satisfont précisément aux conditions de l'achromatisme de deux couleurs, l'orangé et le bleu. Ce n'est pas le cas alors pour les autres couleurs faiblement décomposées, ce qui est peu perceptible car l'œil est moins sensible à ces radiations.



Remarque

Fabrication de lentilles achromatiques pour les lunettes astronomiques et terrestres.



H : 34 - D : 9

constructeur
SOLEIL, RUE DE L'ODÉON

155 GONIOMÈTRE DE BABINET

Fonction ↪ Mesurer les indices de réfraction d'un prisme pour diverses radiations.

Description ↪ Il se compose :

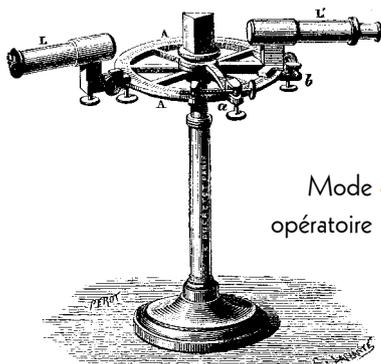
1°) d'un cercle horizontal gradué (AA), fixé par son centre sur un support creux qui permet de le placer à hauteur convenable.

2°) d'un collimateur (L), constitué d'un tube qui porte, à une extrémité, une fente éclairée par une source lumineuse. La fente est au foyer principal d'une lentille convergente, montée à l'autre extrémité du tube de sorte que les rayons qui ont traversé le collimateur sortent parallèlement à l'axe principal de sa lentille et tombent sur le prisme.

3°) d'une lunette (L') à réticule, dirigée comme le collimateur, parallèlement à un rayon du cercle, mais mobile autour de ce cercle. Elle porte un bras (b) qui parcourt les divisions du cercle, et qui est muni d'un vernier et d'une pince avec vis de rappel.

4°) d'une petite plate-forme circulaire placée au centre de l'appareil, et ayant son plan parallèle à celui du cercle. Elle peut tourner sur elle-même, soit à la main soit par le mouvement que lui communique une alidade (a), disposée comme le bras de la lunette mobile, de manière à parcourir les degrés du cercle, et à donner avec une grande exactitude, la mesure des degrés qu'elle a parcourus, au moyen d'un vernier et d'une vis de rappel. C'est sur cette plate-forme que le prisme doit être placé : on l'y maintient avec un peu de cire molle.

Mode opératoire ↪ Le prisme est orienté au minimum de déviation pour une région du spectre. En faisant tourner la lunette, on amène le point de croisement des fils de son réticule, successivement, sur les différentes raies du spectre et on lit pour chacune la position de la lunette sur le cercle. On détermine ainsi l'angle minimal de déviation pour chaque raie.



H : 39 - L : 32 - D : 17

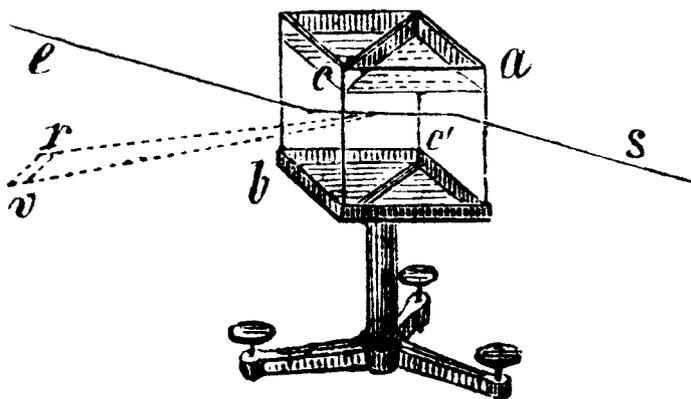
constructeur
V.TOR LEFEBVRE, À PARIS

156 CUVE POUR ÉTUDE DE LA RÉFRACTION

Loi ou phénomène ✦ Recomposition de la lumière blanche.

Description ✦ Il s'agit d'une cuve cubique en verre (ab) partagée en deux par une cloison diagonale (cc').

Expérience ✦ On verse de l'eau dans un des compartiments (acc') et on fait passer un faisceau (s) à travers le prisme formé par la cloison et l'une des faces (ac'). Ce faisceau donne un spectre (rv). Dès qu'on remplit d'eau le second compartiment qui forme un prisme dont l'angle est opposé à celui du premier, le faisceau est ramené en (e), à sa forme cylindrique et à sa blancheur primitive.



H : 16 - L : 11 - L : 11

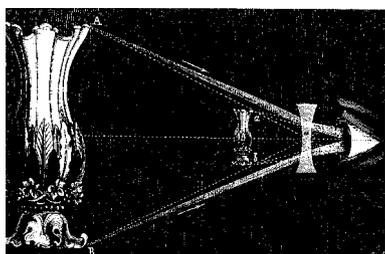
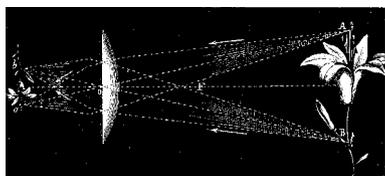
157 LENTILLES

Loi ou phénomène ✦ Lors de la traversée d'une lentille les rayons lumineux sont déviés. Ils se rapprochent avec une lentille convergente et s'écartent avec une divergente.

Description ✦ C'est un milieu transparent tel que du verre, limité par deux surfaces dont l'une au moins n'est pas plane.

Les lentilles convergentes sont plus minces sur leur bord qu'en leur centre, c'est l'inverse pour les lentilles divergentes.

Expérience ✦ Une lentille à bord mince, recevant un faisceau de lumière solaire, le fait converger en un point appelé foyer image de la lentille. Ce point est ainsi nommé car un morceau de papier peut s'y enflammer.



H : 54 - D : 24
(FOCALE 40 CM PLAN CONVEXE)



Remarque

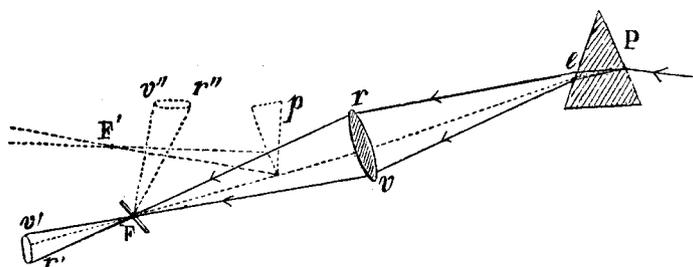
Les lentilles sont employées dans la plupart des instruments d'optique et servent aussi à corriger les défauts de l'oeil. Les convergentes corrigent la presbytie, les divergentes la myopie.

constructeur
J. DUBOSCO, À PARIS

158

APPAREIL POUR LA RECOMPOSITION DE LA LUMIÈRE BLANCHE

- Loi ou phénomène ➤ La superposition des différents faisceaux du spectre solaire redonne la lumière blanche.
- Description ➤ Il se compose d'une lentille cylindrique plan-convexe (rv) montée sur un support et d'un prisme isocèle (P) placé sur un bras articulé.
- Expérience ➤ Le faisceau dispersé par le prisme (P) est reçu sur la lentille (rv). Les rayons qui ont traversé la lentille convergent en (F), foyer conjugué du point (ϵ), où ils reconstituent la lumière blanche. Ces rayons continuent leur trajectoire en produisant un second spectre ($r'v'$) renversé par rapport à (rv) ; ce qui montre que les rayons colorés ne se modifient pas au foyer, et que chacun d'eux conserve ses qualités en se mélangeant aux autres. Il en est encore de même si l'on place en (F) un petit miroir plan, on obtient un spectre ($r''v''$) symétrique de ($r'v'$) par rapport au plan de ce miroir.



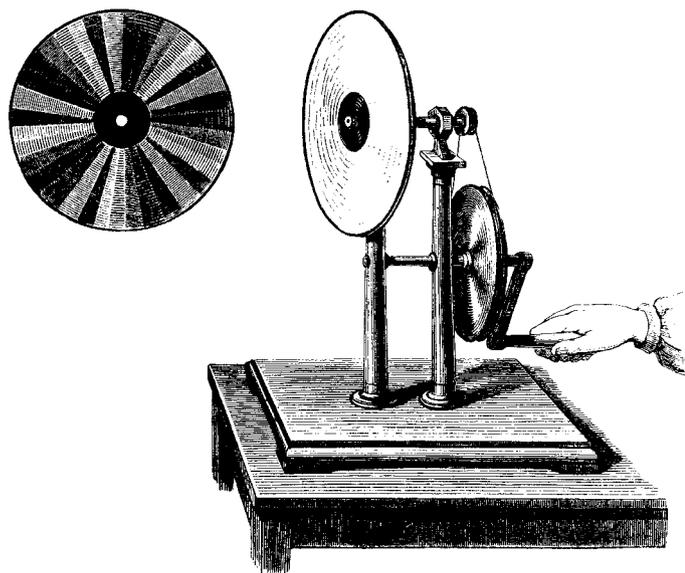
H : 50 - L : 19 - L : 13

159 DISQUE DE NEWTON

Loi ou phénomène ✦ La superposition des lumières de toutes les couleurs du spectre solaire reconstitue la lumière blanche.

Description ✦ Il s'agit d'un disque sur lequel sont peints des secteurs présentant les couleurs du spectre dans l'ordre où elles se suivent et avec des surfaces ajustées.

Expérience ✦ On fait tourner rapidement le disque, les images des différents secteurs se forment alors successivement sur la rétine. Par suite de la persistance rétinienne, la lumière est perçue comme de la lumière blanche. Si les surfaces des secteurs ne sont pas bien ajustées, le disque prend une couleur pâle, celle du secteur de trop grande superficie.



D : 10

160 SPECTROSCOPE

Fonction ➤ Sert à produire et étudier les spectres de différentes sources lumineuses.

Description ➤ Il comporte un prisme, un collimateur, une lunette astronomique et un micromètre :

- le prisme (P) en flint, cristal très dispersif, destiné à produire la dispersion de la lumière est recouvert d'un tambour à trois ouvertures pour empêcher l'accès de la lumière diffuse. La face supérieure et la base du prisme, qui ne jouent aucun rôle dans la dispersion, sont noircies.

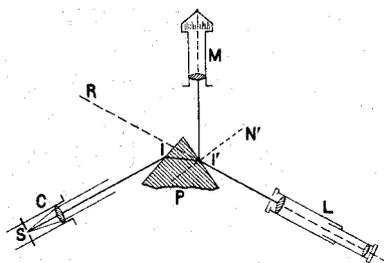
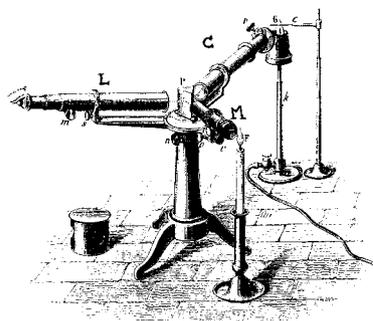
- le collimateur (C) qui sert à rendre parallèles les rayons qui doivent tomber sur le prisme, se compose d'un tube dont une extrémité porte une fente verticale que l'on éclaire avec la source à étudier. Cette fente est constituée de deux plaques métalliques que l'on peut rapprocher à volonté par une vis de pression, de manière à laisser entre elles une ouverture plus ou moins étroite. La fente est disposée au foyer principal d'une lentille convergente montée à l'autre extrémité du tube.

- la lunette (L) avec laquelle on observe le spectre se compose comme la lunette astronomique ordinaire, d'un objectif à grande surface et d'un oculaire à court foyer. Elle a un faible grossissement, et, par la suite, un champ étendu.

- le micromètre (M) (destiné à fournir des points de repère pour les différentes régions du spectre) est un collimateur dont la lentille porte dans l'un de ses plans focaux principaux une échelle divisée sur verre, éclairée à l'aide d'une bougie. Les rayons provenant de l'échelle divisée, rendus parallèles par la lentille, viennent se réfléchir sur la face (I') du prisme qui regarde la lunette et pénètrent dans celle-ci parallèlement à son axe optique. Il en résulte que l'image de l'échelle divisée se superpose au spectre, dans le plan focal de l'objectif.

Mode opératoire

On éclaire le micromètre par une bougie (F) et on dispose en (G) la source de lumière qu'il s'agit d'analyser. Il suffit alors de placer l'œil devant l'oculaire de la lunette, de faire la mise au point à l'aide du bouton (m), jusqu'à ce qu'on voit nettement les images du spectre et du micromètre.



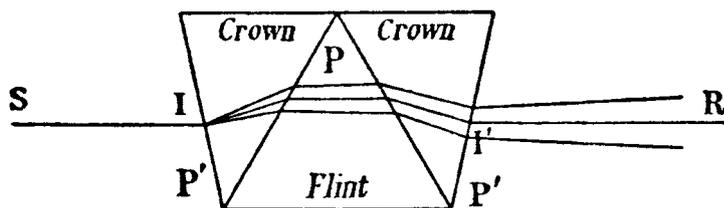
H : 36 - L : 56 - L : 36

161 PRISME A VISION DIRECTE D'AMICI

Fonction ➤ Obtenir une forte dispersion de la lumière avec une déviation nulle pour la longueur d'onde moyenne.

Description ➤ Il s'agit d'un prisme multiple constitué d'un prisme en flint, placé entre deux prismes en crown disposés en sens inverses. Les différents angles sont déterminés pour qu'une radiation moyenne, jaune, ne soit pas déviée.

Mode opératoire ➤ On envoie un faisceau incident (SI) de lumière blanche, on constate qu'il a traversé le système sans déviation sensible pour la radiation moyenne tandis que les autres radiations sont déviées dans un sens ou dans l'autre.



SPECTROSCOPE DE POCHE

H : 24 - D : 3

constructeur

E. DUCRETET & CIE, À PARIS



H : 43 - L : 15 - D : 11

constructeur

J. DUBOSQ, À PARIS



Remarque

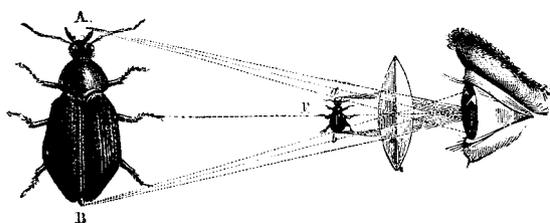
On emploie ce système de prismes dans les spectroscopes de poche. Pour augmenter la dispersion, on met souvent deux prismes d'Amici successifs.

162 LOUPE

Fonction ➤ Donner de petits objets, des images virtuelles agrandies, permettant de mieux distinguer leurs détails.

Description ➤ Il s'agit d'une lentille convergente de faible distance focale.

Mode opératoire ➤ Habituellement on place la loupe contre l'œil puis on met au point en diminuant progressivement la distance de l'objet à la lentille jusqu'à ce que l'image apparaisse le plus distinctement possible. La distance de l'image à l'œil est alors sensiblement égale à la distance minimale de vision distincte.



H : 30 - L : 34 - L : 20

**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 ”.

163 MICROSCOPE COMPOSÉ

Fonction ↪ Observer des objets très petits, invisibles à l'œil nu.

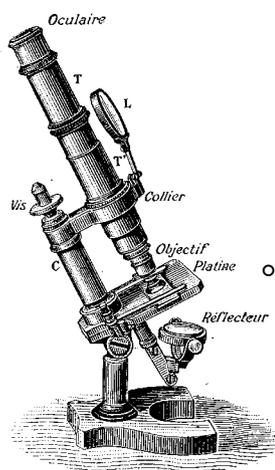
Description ↪ Il est essentiellement formé de deux lentilles convergentes dont l'une, appelée objectif, donne de l'objet une image réelle, agrandie, qui sert d'objet pour l'autre lentille appelée oculaire, jouant le rôle de loupe.

L'objectif et l'oculaire sont fixés aux extrémités d'un tube monté sur un support inclinable.

Un bouton de commande à vis micrométrique permet de déplacer le bloc objectif-oculaire par rapport à la platine. Cette dernière est percée d'un trou qui permet d'éclairer l'objet, posé sur une lame de verre, au moyen d'un miroir concave qui concentre la lumière sur celui-ci.

Mode opératoire ↪ 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.



H : 37 - L : 12 - L : 11

constructeur
G. HOBERHAUSER & E. HARTNACK
BREVETÉ SGDG



H : 39 - L : 24 - L : 20

constructeur
SOLEIL, RUE DE L'ODÉON



H : 16 - L : 8 - D : 3

constructeur
C. VERICK
RUE DE LA PARCHEMINERIE 2
PARIS

165 LUNETTE ASTRONOMIQUE ET TERRESTRE

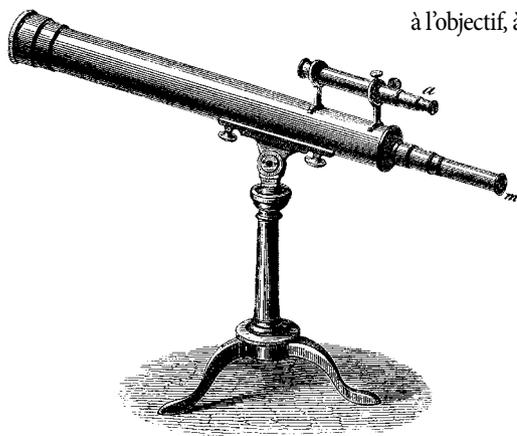
Fonction ✦ Permettre l'observation d'objets éloignés. La lunette astronomique donne une image renversée des objets très éloignés tels que les planètes, les astres. La lunette terrestre donne une image redressée et permet d'observer des objets terrestres.

Description ✦ La lunette astronomique comporte deux tubes :

- Un long tube de laiton monté sur un pied et orientable, porte à l'extrémité tournée vers l'objet observé, une lentille convergente appelée objectif.
- Un second tube, portant une lentille convergente appelée oculaire, peut glisser à frottement doux dans le premier. Il est commandé par un bouton à crémaillère, permettant ainsi de modifier la distance objectif-oculaire.

La lunette terrestre est obtenue en remplaçant le second tube par un tube portant en plus une petite pièce appelée «véhicule» composée de deux lentilles de même distance focale qui permettent de redresser l'image.

Mode opératoire ✦ Pour observer un objet très éloigné, on réalise la mise au point en déplaçant l'oculaire par rapport à l'objectif, à l'aide du bouton de crémaillère.



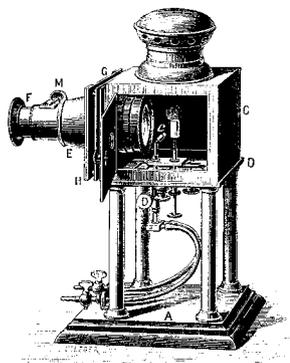
H : 49 - L : 71

constructeur
SOLEIL, OPTICIEN
RUE DE L'ODÉON À PARIS

166 LANTERNE DE PROJECTION

Fonction ➤ Permettre de faire des projections à l'aide d'une source de lumière artificielle, telle la lumière Drummond ou la lumière électrique de l'arc voltaïque.

Description ➤ Celle représentée par la figure est disposée pour la lumière Drummond mais on peut la disposer pour l'arc voltaïque.



Le chalumeau à gaz (C) est supporté par deux platines en laiton accouplées, munies chacune d'un mouvement à crémaillère, ce qui permet de déplacer lentement le chalumeau soit de droite à gauche, soit d'avant en arrière. Une troisième crémaillère (D) permet le déplacement dans le sens vertical. La lanterne comporte deux systèmes réfringents : le condensateur de lumière, composé de trois lentilles, et le cône de projection (E), ordinairement formé de deux lentilles achromatiques ; sa monture est indépendante du condensateur, de sorte qu'on peut l'enlever ou le remettre à volonté sur l'appareil, de façon à projeter un faisceau parallèle ou convergent. La crémaillère (M) fait varier la distance de l'objectif au tableau placé dans la coulisse (GH).

Mode opératoire ➤ Dans le cas de la lumière Drummond on alimente le chalumeau (c) en gaz d'éclairage et en oxygène. La flamme obtenue chauffe le cylindre de chaux qui s'illumine avec grand éclat.

Dans le cas de l'éclairage par l'arc voltaïque on connecte les deux baguettes taillées dans du charbon de cornues aux pôles d'une source de courant et en agissant sur les vis de réglage on rapproche les pointes jusqu'au contact. Une fois l'arc amorcé, on écarte les deux pointes de façon à avoir un arc très lumineux. Il faut régulièrement agir sur



les vis de réglage pour compenser l'usure due à la combustion des charbons à moins d'utiliser, par exemple, le régulateur de Foucault Duboscq (voir n° 274). Il suffit ensuite de faire la mise au point à l'aide du bouton de crémaillère (M).



H : 83 - L : 38 - L : 26

167 APPAREIL DE JULES DUBOSCOQ à projection verticale

Fonction ➤ Sert à obtenir, sur un écran vertical, des images de corps transparents, liquides ou solides, placés horizontalement. Il peut éventuellement servir d'appareil de polarisation de Norremberg (voir n° 176), pour projection, en envoyant un rayon polarisé par une glace noire et en se servant d'un nicol comme analyseur.

Description ➤ Cet appareil se compose d'une première glace (M), inclinée à 45°. Les rayons lumineux qui s'y réfléchissent traversent ensuite une lentille plan convexe (L) qui sert de condenseur. Une vis à crémaillère permet de déplacer une lentille (L') qui sert d'objectif. Les rayons provenant du condenseur, après avoir traversé l'objet transparent dont on veut obtenir l'image et après s'être réfractés dans la lentille (L'), se réfléchissent sur une seconde glace (P), également inclinée à 45° et projettent l'image de l'objet sur l'écran vertical.

Mode opératoire ➤ Après avoir envoyé sur la première glace un faisceau de lumière, parallèle et horizontal, provenant d'un porte lumière ou d'une lanterne, il suffit, en agissant sur la vis à crémaillère, de faire la mise au point.

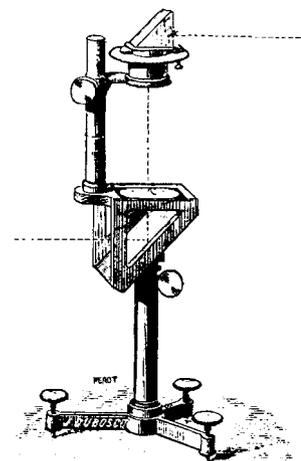
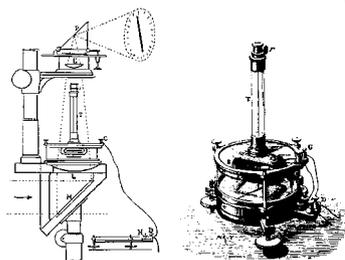
Accessoires :

- Deux barreaux aimantés parallèles, montés sur verre ; on peut mettre à volonté en regard les pôles de même sens ou de sens contraire et obtenir des spectres magnétiques en saupoudrant de la limaille de fer.
- Un électro-aimant pour montrer en projection l'attraction d'un cylindre de fer doux.
- Des disques montés sur pivot pour montrer divers phénomènes d'optique dont un disque de Newton pour la recombinaison de la lumière blanche.
- Un galvanomètre de Nobili (voir n° 247) dont le fond est constitué d'un verre transparent gradué permettant de montrer par projection la présence d'un courant. Ce galvanomètre peut aussi être utilisé seul grâce à une platine à vis calantes et rappel de borniers (D).



H : 70 - L : 22 - l : 17

constructeur
J. & A. DUBOSCOQ



Remarque

Cet appareil a été réalisé par la Maison Duboscoq pour le cours du physicien Edmond Becquerel, au Conservatoire des Arts et Métiers en 1853, et présenté à la Société de Physique en 1866. Le galvanomètre projectable, imaginé par Jules Duboscoq, a été présenté à la même Société le 6 janvier 1876.

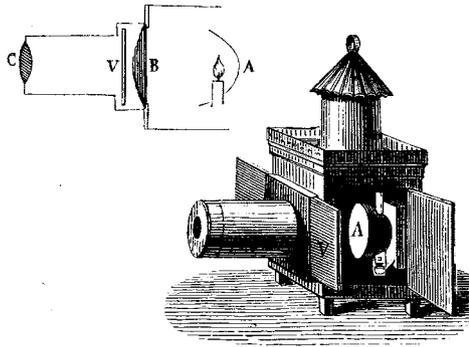
168 LANTERNE MAGIQUE

Fonction ➤ Sert à obtenir sur un écran des images agrandies de petits objets.

Description ➤ Elle consiste en une boîte de fer-blanc dans laquelle est placée une lampe, au foyer d'un miroir concave. Les rayons réfléchis par celui-ci sont reçus sur une lentille convergente qui les concentre vers des figures peintes sur une lame de verre.

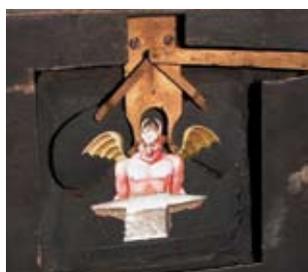
Ces figures, ainsi éclairées fortement, sont placées devant une seconde lentille convergente à une distance un peu plus grande que sa distance focale. Cette lentille projette, sur un écran suffisamment éloigné, une image réelle, renversée et très agrandie, des objets peints sur verre.

Mode opératoire ➤ On insère, en les renversant, chacune des figures peintes. Pour obtenir une image nette sur l'écran, il faut réaliser la mise au point en agissant sur le bouton à crémaillère qui fait avancer ou reculer la seconde lentille.



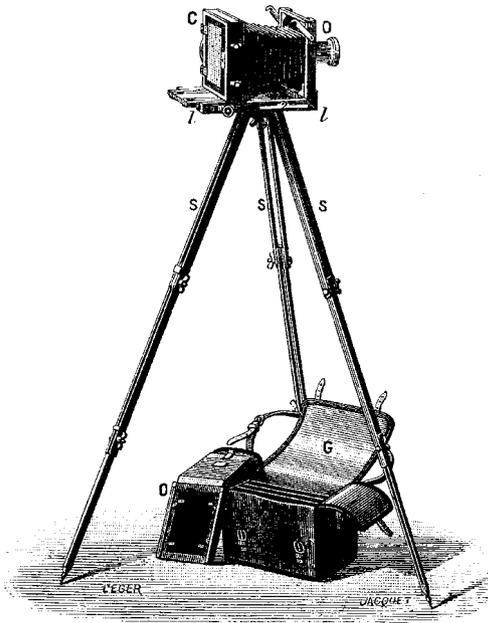
H : 37 - L : 51 - L : 15

168 Plaques d'astronomie et de fantasmagorie



169 CHAMBRE NOIRE À SOUFFLET dite «de campagne»

- Fonction** ➤ Sert à enregistrer sur une surface photosensible, plaque ou pellicule, l'image d'un objet.
- Description** ➤ Elle est composée d'une chambre noire et d'un objectif, ensemble convergent formé de plusieurs lentilles, destiné à projeter l'image d'un objet sur la plaque photosensible. Cet appareil de campagne est monté sur un support à trois pieds, à coulisse, pouvant se replier pour le transport dans un sac.
- Mode opératoire** ➤ Les plaques sensibles sont enfermées dans des châssis qui les maintiennent à l'abri de la lumière. La mise au point s'effectue sous un voile noir, en déplaçant à l'aide d'un bouton à crémaillère, l'objectif monté sur un soufflet.

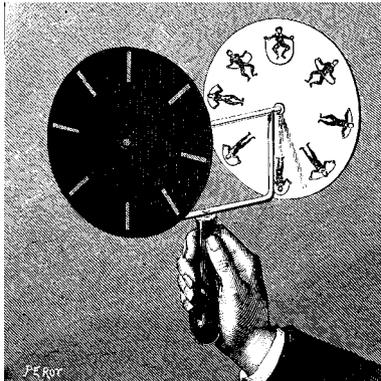


H : 26 - L : 33 - L : 18

constructeur
HERMAGIS
OPTICIEN FABRICANT, PARIS
BREVETÉ S.G.D.G.

170 PHÉNAKISTICOPE ou PHÉNAKISTISCOPE

- Loi ou phénomène ✦ La persistance des impressions lumineuses sur la rétine donne, d'une série d'images légèrement différentes et se succédant, la sensation d'une image qui semble animée.
- Description ✦ Il se compose de deux disques de carton. Près du contour du premier, on a représenté un certain nombre de fois un même sujet dans des attitudes qui changent un peu quand on passe de l'un à l'autre. Le second carton, un peu plus grand, comporte des ouvertures équidistantes en nombre égal.
- Expérience ✦ On regarde le carton peint à travers le carton troué, tournant dans le même sens avec la même vitesse. Les impressions successives produites dans l'œil feront voir le sujet dans des positions se modifiant progressivement, de manière qu'il semble s'animer et exécuter des mouvements qui correspondent aux diverses attitudes représentées. Au lieu de regarder le carton peint à travers le carton troué, on peut appliquer le premier derrière le second, et regarder, à travers les trous, l'image du premier réfléchi dans une glace.



D : 22



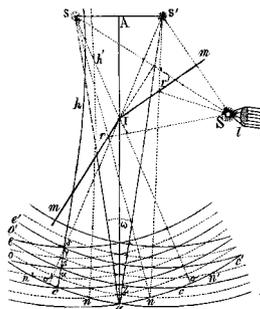
Remarque

Cet appareil a été inventé séparément, en 1833, par les physiciens belge Joseph Plateau et autrichien Simon Stampfer.

171 BANC D'INTERFÉRENCES ET DE DIFFRACTION DE POUILLET (1)

Loi ou phénomène ➤ **Interférences** : il y a interférence lorsqu'en un point se superposent deux rayons de lumière provenant de deux sources synchrones et cohérentes. Cette superposition produit en certains points un éclaircissement maximal, en d'autres l'obscurité totale. Ce phénomène est expliqué par le caractère ondulatoire de la lumière.

Description ➤ Ce banc comporte une règle graduée (AB) sur laquelle on peut faire glisser divers curseurs (K), (K'), (K''). Le curseur (K) soutient une plaque (P) qui porte une lentille cylindrique. Pour l'expérience de FRESNEL, le curseur (K') soutient une plaque verticale qui peut tourner à l'extrémité d'un levier (cc'), mobile lui-même en (c'). Cette plaque porte deux miroirs (m) et (n). Les miroirs, représentés à part en (MN), sont mobiles autour d'une charnière (o). Des écrous (u),(u) servent à faire varier l'angle qu'il font entre eux. Le curseur (K'') porte le micromètre de Fresnel constitué d'une loupe portée par un tube (tt) et munie d'un fil vertical placé à son foyer. Le support de la loupe peut se déplacer transversalement à la règle au moyen d'une vis micrométrique (V').



Expérience ➤

Expérience de FRESNEL :

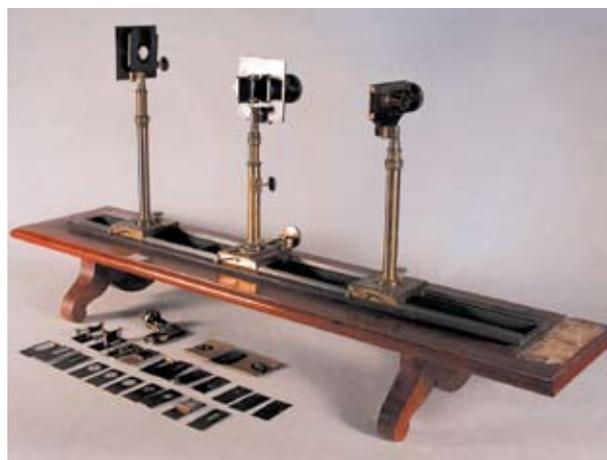
Pour réaliser deux sources lumineuses, rapprochées et cohérentes, FRESNEL les remplace par les images (s) et (s'), formées par deux miroirs plans, d'un seul point lumineux (s).

Un faisceau de lumière filtrée à travers une lame de verre rouge est envoyé sur une lentille cylindrique (P), très convergente et donnant un très étroit faisceau parallèle à l'intersection des deux miroirs très peu inclinés l'un sur l'autre pour que les images (s) et (s') soient très rapprochées. Les rayons réfléchis semblent provenir de (s) et (s') et donnent sur un écran des franges alternativement brillantes et obscures.

Pour mesurer la distance entre deux franges, on fait coïncider le fil focal du micromètre de Fresnel avec le milieu d'une frange et on l'amène au milieu de la suivante.

Expérience d'YOUNG :

Les deux sources (s) et (s') sont remplacées par deux fentes parallèles très étroites recevant de la lumière d'une fente lumineuse placée à égale distance des fentes et parallèle à leur direction.



H : 40 - L : 117 - L : 25

constructeur
JULES DUBOSCO

171

BANC D'INTERFÉRENCES ET DE DIFFRACTION DE POUILLET (2)

Loi ou phénomène ➤ **Diffraction** : il y a diffraction lorsque apparaît de la lumière dans le cône d'ombre géométrique d'un objet opaque et des zones obscures à l'extérieur de ce même cône. Ce phénomène se produit lorsque la source de lumière est assez petite pour être considérée comme ponctuelle.

Description ➤ Une lentille cylindrique ou le système (C) est placé dans l'échancrure rectangulaire (E) d'un support (A). Le système (C) permet de réaliser une fente de largeur variable.

Un second support, semblable à (A), reçoit différentes plaques, ou «fiches», destinées à diffracter la lumière :

- La fiche (H) qui porte une large ouverture dans laquelle est tendu un fil métallique permet d'étudier les effets d'un écran étroit.

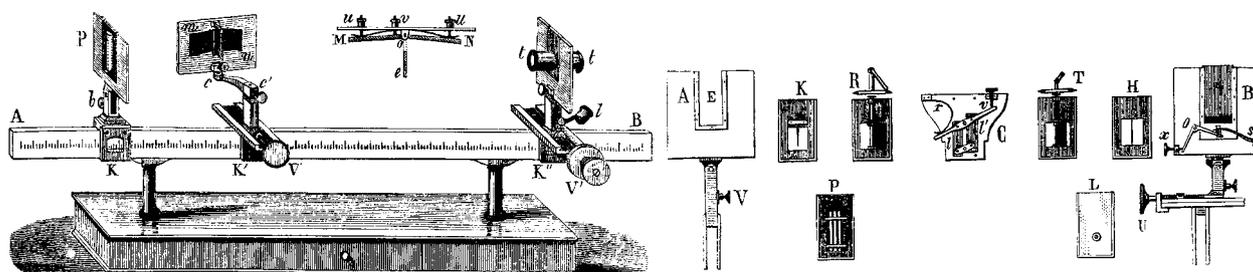
- La fiche (P) qui emploie un système de trois gros fils métalliques laissant entre eux un très petit espace, permet d'expérimenter avec deux fentes.

- La fiche (R) porteuse d'un petit miroir permet d'observer les franges au bord d'un miroir incliné.

- La fiche (T) est porteuse d'un miroir semblable à la fiche précédente, mais incliné à 45°. Associée à une lentille cylindrique très peu convergente, elle permet d'obtenir des franges très brillantes pouvant être projetées sur un écran éloigné placé au foyer de la lentille.

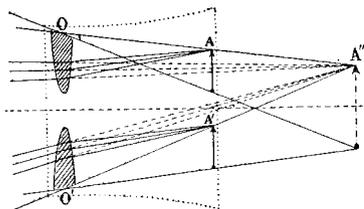
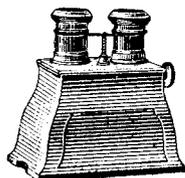
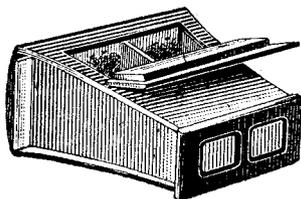
- La fiche (K), dans laquelle une aiguille forme un écran étroit, permet d'observer que les franges s'étalent beaucoup plus, du côté de la pointe que du côté le plus épais.

- La fiche (B), percée d'une ouverture circulaire très petite, et la fiche (L), formée d'une plaque de verre sur laquelle est fixé un petit disque de métal, permettent d'obtenir, à une certaine distance, des anneaux irisés ou franges circulaires.



172 STÉRÉOSCOPE

- Fonction** ✦ Permettre l'appréciation du relief par les deux yeux à partir de vues photographiques.
- Description** ✦ Il se compose d'une sorte de boîte dans le fond de laquelle sont placées, côte à côte, deux photographies d'un même objet prises par deux appareils disposés comme le seraient les deux yeux. Entre chaque œil et la photographie correspondante est disposée une portion de lentille convergente formant une sorte de prisme à face convexe. Les crêtes de ces prismes sont tournées l'une vers l'autre.
- Mode opératoire** ✦ Il suffit de faire la mise au point avec les oculaires dont est équipé le stéréoscope pour examiner les photographies et avoir la sensation de relief. Sur certains modèles, un bouton latéral permet de passer d'une vue à l'autre grâce à un panier rotatif.



H : 40 - L : 26 - L : 26

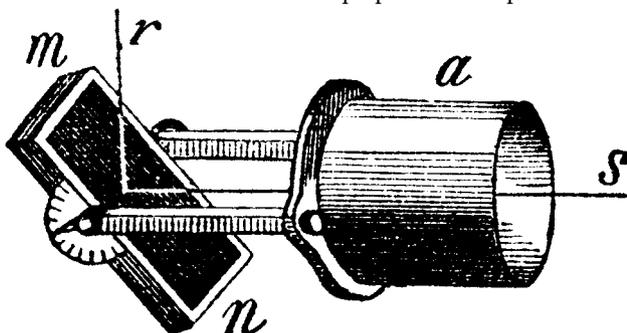
173 POLARISCOPE RÉFLECTEUR DE MALUS

Fonction ↪ Analyser la lumière polarisée.

Description ↪ Il est composé d'un miroir (mn) non métallique, en verre noir, par exemple, soutenu par un anneau (a) par lequel arrive le faisceau polarisé (s).

Mode opératoire ↪ Le miroir étant incliné par rapport au faisceau incident (s), on fait tourner l'anneau sur lui-même, on constate alors que les rayons réfléchis changent d'intensité avec la position du miroir. Parmi ces positions, il en existe deux qui diffèrent de 180° , pour lesquelles l'intensité des rayons réfléchis est maximale et a la même valeur. Si on fait tourner l'anneau, de 90° dans un sens ou dans l'autre à partir des positions maximales, on obtient deux autres positions pour lesquelles l'intensité des rayons réfléchis est minimale.

La différence entre le maximum et le minimum dépend de la substance du miroir, et, pour un même miroir, de l'angle d'incidence. Si le rayon réfléchi disparaît complètement dans les positions du minimum, on dit que le rayon incident est entièrement polarisé ; dans le cas contraire, il n'est que partiellement polarisé.



H : 44 - L : 16 - L : 11

174 APPAREIL DE HOOKE

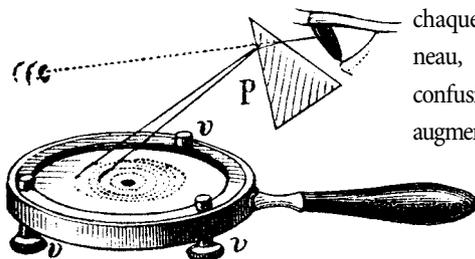
Loi ou phénomène ✦ Formation des anneaux colorés de Newton dans les lames minces.

Description ✦ Il est constitué de deux colliers entre lesquels sont pressées deux lames minces de verre, au moyen de trois vis (v). Un manche solidaire de l'ensemble permet de manipuler l'appareil.

Expérience ✦ Si l'on éclaire l'appareil avec une lumière monochromatique, on peut distinguer une quarantaine d'anneaux ; avec la lumière du jour on n'en observe que huit à dix ; en effet les anneaux se serrent de plus en plus, les couleurs se mêlent et forment du blanc.

On peut voir un plus grand nombre d'anneaux avec la lumière blanche, en les observant, comme l'a fait Newton, à travers un prisme (P). Les rayons violets sont plus relevés vers le sommet que les rayons rouges et donc se rapprochent de ces derniers de façon à produire un anneau étroit presque blanc séparé des anneaux voisins par un espace noir. Les couleurs sont à peine distinctes, mais les anneaux sont plus fins et bien plus nombreux. Cela n'a lieu que dans la partie située au-delà du centre par rapport au prisme.

Dans la partie opposée, au contraire, la réfraction du prisme éloigne le rouge du violet pour chaque anneau, et la confusion est augmentée.



L : 21 - D : 10

constructeur
SOLEIL, RUE DE L'ODÉON

175 LUNETTE DE ROCHON ou micromètre à double image

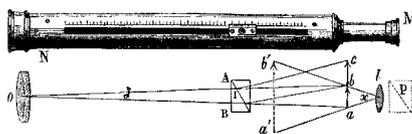
Fonction ↗ Mesurer la distance (D) d'un objet éloigné quand on connaît sa grandeur absolue (H).

Description ↗ Il s'agit d'une lunette astronomique formée par un objectif (o) et d'un oculaire (l). Le double prisme est constitué de deux prismes rectangulaires égaux soudés l'un à l'autre, au moyen de térébenthine, de manière à former un parallélépipède rectangle. Il est installé à l'intérieur de la lunette, la face (AB) tournée du côté de l'objectif (o), et perpendiculaire à l'axe de l'instrument, le long duquel on peut le déplacer. La tige qui réunit le bouton au prisme passe par une fente au bord de laquelle se trouve une division qui donne une valeur proportionnelle à la distance du prisme au foyer de l'objectif. Le vernier qui se meut avec le bouton, est au zéro de cette division quand le prisme est au foyer et que les deux images se confondent.

Mode opératoire ↗ On fait en sorte, en faisant glisser le prisme le long de l'axe, que les deux images observées à travers la lunette soient tangentes l'une à l'autre. Pour éviter les calculs, les nombres inscrits auprès de la division ne représentent pas les distances du prisme au foyer de l'objectif (o), mais les valeurs du rapport H/D , et il suffit de diviser la hauteur (H) supposée connue d'un objet par le nombre inscrit sur la division, pour obtenir la distance (D) de cet objet.



L : 64 - D : 5



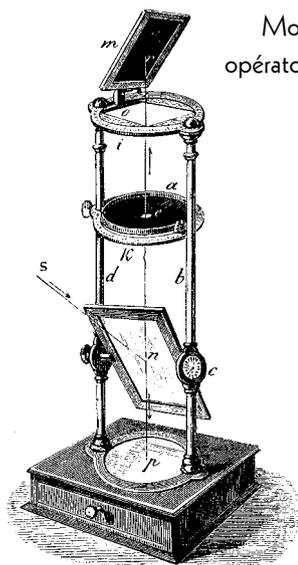
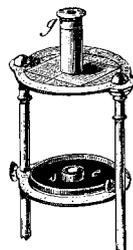
Remarque

Pour les usages guerriers, on prenait pour (H) la hauteur moyenne d'un fantassin et on inscrivait directement les valeurs des distances qu'on obtenait donc par simple lecture.

176 APPAREIL DE NORREMBERG

Fonction ➤ Permettre d'obtenir un faisceau de lumière polarisée pour étudier notamment les phénomènes de coloration produits par la polarisation rotatoire.

Description ➤ Il se compose de deux colonnes en laiton (b) et (d) qui soutiennent une glace sans tain (n) qui peut s'incliner plus ou moins en tournant autour d'un axe horizontal. Un petit cercle gradué (c) indique l'angle de cette glace avec la verticale. Entre les pieds des deux colonnes se trouve une glace étamée (p) fixe et horizontale. A leur extrémité supérieure, ces colonnes portent un limbe gradué dans lequel peut tourner un disque (o), avec une ouverture carrée au centre. Il porte une glace de verre noir (m) faisant avec la verticale un angle égal à l'angle de polarisation. Un disque annulaire gradué (k) peut se fixer à différentes hauteurs sur les colonnes. Un deuxième anneau (a), soutenu par le premier, peut prendre autour d'un axe horizontal différentes inclinaisons et porte un diaphragme (e), percé en son centre d'une ouverture circulaire.



Mode opératoire ➤ La glace (n) faisant avec la verticale un angle de $35^{\circ}25'$, c'est-à-dire égal à l'angle de polarisation du verre, les rayons (Sn) qui rencontrent cette glace sous cet angle se polarisent en se réfléchissant dans la direction (np), vers la glace (p), qui les renvoie dans la direction (pnr). Après avoir traversé la glace (n), le faisceau polarisé tombe sur la glace noire (m) sous un angle de $35^{\circ}25'$, puisque cette glace fait précisément le même angle avec la verticale. Or, si l'on fait tourner horizontalement le disque (o) auquel est fixée la glace (m), celle-ci se déplace en conservant toujours la même inclinaison et l'on remarque deux positions où elle ne réfléchit pas le faisceau incident (nr) : c'est lorsque le plan d'incidence sur cette glace est perpendiculaire au plan d'incidence (Snp) sur la glace (n). Dans toute autre position, le faisceau polarisé est toujours réfléchi par la glace (m) en quantité variable, et le maximum de lumière réfléchie a lieu lorsque les plans d'incidence sur les glaces (m) et (n) sont parallèles entre eux. Si la glace (m) fait avec la verticale un angle plus petit ou plus grand que $35^{\circ}25'$, le faisceau polarisé est réfléchi dans toutes les positions du plan d'incidence.



H : 53 - L : 19 - L : 19



Remarque

Coloration produite par la polarisation rotatoire : on place sur l'écran (e) une plaque de quartz (s) taillée perpendiculairement à l'axe et fixée sur un disque de liège ; puis la glace (n) étant inclinée de manière à faire passer dans le quartz un faisceau polarisé, on regarde au travers d'un prisme biréfringent (g), et, on observe deux images vivement colorées : leurs teintes sont complémentaires, car en se recouvrant par leurs bords, elles donnent du blanc. Si l'on tourne alors le prisme, les deux images changent de teinte et prennent successivement toutes les couleurs du spectre, tout en continuant à être complémentaires.

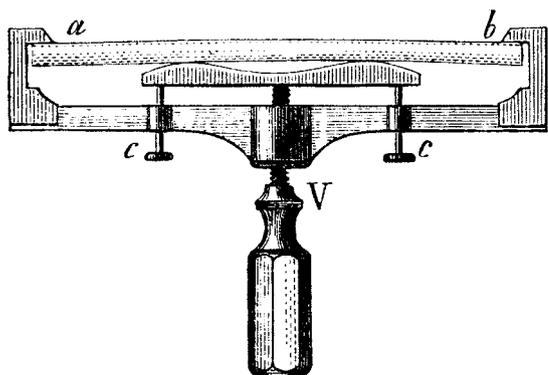
constructeur
SOLEIL
OPTICIEN RUE DE L'ODÉON, 35
PARIS

177 APPAREIL DE FLEXION DU VERRE

Loi ou phénomène ↪ Figures de polarisation obtenues au cours de la flexion d'une règle en verre.

Description ↪ Il s'agit d'une presse munie aux extrémités de deux ergots (c) et d'une vis (V) qui déplace un talon arrondi guidé par deux axes (c).

Expérience ↪ Une règle en verre (ab), placée sous les ergots de la presse est légèrement infléchie au moyen de la vis (V). Avec la lumière polarisée on obtient des bandes colorées généralement parallèles à la longueur de la règle en verre, et dont le nombre et la vivacité augmentent avec la flexion.



H : 16 - L : 16 - l : 14 - D : 00

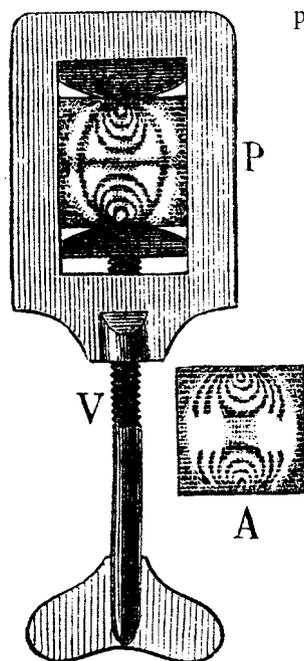
constructeur
SOLEIL, RUE DE L'ODÉON

178 APPAREIL DE COMPRESSION DU VERRE

Loi ou phénomène ✦ Figures de polarisation obtenues au cours de la compression d'une plaque épaisse de verre.

Description ✦ Il s'agit d'une presse à cadre rectangulaire munie de deux talons arrondis dont l'un se déplace grâce à une vis (V).

Expérience ✦ Une plaque épaisse de verre est comprimée entre les deux talons de la presse à l'aide de la vis (V). Cette plaque, traversée par la lumière polarisée et observée au moyen d'un analyseur, présente, autour des points de compression, des anneaux diversément colorés. On voit en (A) la figure formée quand la ligne de compression est inclinée de 45° sur le plan primitif de polarisation, et en (P), celle qui se forme quand elle est perpendiculaire à ce plan, l'analyseur étant placé de manière à donner l'obscurité.



L : 21 - D : 10

constructeur
SOLEIL, RUE DE L'ODÉON

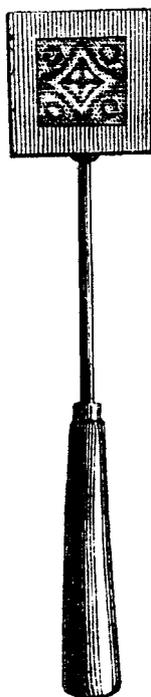
179 CADRE POUR FIGURES DE BREWSTER par dilatation

Loi ou phénomène ✦ Figures de polarisation obtenues au cours du refroidissement rapide du contour d'une plaque épaisse de verre.

Description ✦ Il s'agit d'un cadre en laiton de section carrée muni d'un manche en bois.

Expérience ✦ La plaque de verre chauffée régulièrement dans de l'huile bouillante est placée dans le cadre métallique qui va la refroidir rapidement sur son contour et détruire momentanément son homogénéité.

Avec la lumière polarisée, on obtient des figures irisées qui disparaissent quand la température de la plaque de verre est devenue uniforme.

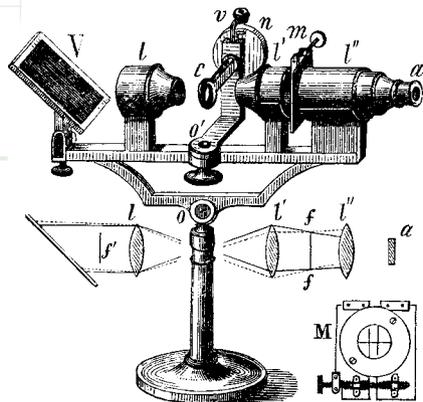


L : 23 - L : 03

180 APPAREIL DUBOSCQ pour projection des effets optiques cristallins

Fonction ➤ Étudier et projeter les anneaux colorés obtenus par polarisation dans les cristaux à un axe, mesurer les diamètres des courbes dans différentes directions.

Description ➤ La lumière polarisée par réflexion sur le miroir (V) que l'on incline convenablement au moyen du genou (o) traverse une lentille (l) dont le foyer est sur la lame cristallisée (c) à étudier. Les rayons sortent de cette lame en divergeant, après que chaque pinceau a été modifié suivant la longueur de son trajet dans la lame, longueur qui varie avec l'obliquité. Les pinceaux traversent ensuite un oculaire de Huyghens (l''). Ils forment chacun un foyer sur le plan focal (ff) de la lentille (l'), de manière qu'il se produit en (ff) une image des courbes engendrées par la lame (c), image que l'on regarde à travers la loupe (l'') et l'analyseur (a). En (ff) est disposé un micromètre (m) représenté à part en (M). Il porte trois fils, dont deux parallèles entre eux et perpendiculaires au premier, pouvant se rapprocher ou s'écarter l'un de l'autre au moyen d'une vis. La lame (c) est serrée par une pince qui peut tourner autour d'un axe horizontal, de quantités mesurées par une tête divisée (n) et un vernier que l'on observe avec la loupe (v). Le support de la pince peut tourner en (o'), de manière qu'on puisse régler facilement la position de la lame.



Mode opératoire ➤ Pour pouvoir projeter les images colorées sur un écran, de manière à en garder un dessin photographique, on place la lame cristallisée (c) à étudier, soit au foyer (ff) de la lentille (l'), soit au foyer antérieur (f') de la lentille (l). Dans ce

dernier cas, chaque point de la lame émet un pinceau conique de rayons modifiés, qui devient cylindrique à sa sortie de la lentille (l). Les pinceaux cylindriques se croisent entre les lentilles (l) et (l'), forment des images en (ff), et ces images sont projetées par la lentille (l'') comme dans le microscope solaire. Si on place la lame en (ff), les lentilles (l) et (l') ont pour effet de donner aux rayons qui s'y croisent une divergence plus grande que celle qu'ils ont en partant immédiatement du réflecteur (V).



Remarque

On peut, en tournant le micromètre (m) sur lui-même, mesurer avec les fils parallèles, les diamètres des courbes obtenues dans différentes directions.



H : 40 - L : 32 - L : 11

constructeur
J. DUBOSCQ, PARIS

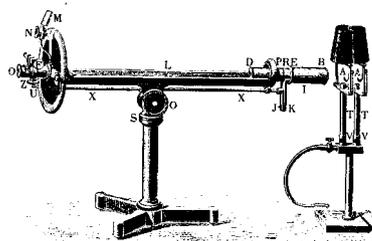
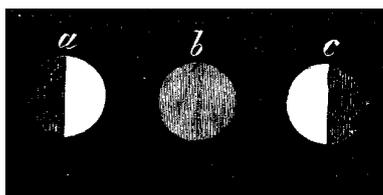
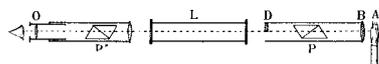
181 POLARIMÈTRE DE LAURENT

Fonction ➤ Déterminer le pouvoir rotatoire de différentes substances.

Description ➤ L'appareil se compose d'un nicol polariseur (P) éclairé par la lumière jaune d'un brûleur (A) à sodium. La lumière qui a traversé le polariseur rencontre une lame de quartz (D) taillée parallèlement à l'axe et ne couvrant que la moitié du diaphragme sur lequel elle est montée. On l'appelle demi-onde car elle introduit entre les deux rayons réfractés donnés pour un même rayon incident, une différence de marche d'une demi-longueur d'onde. Son bord, qui est parallèle à sa section principale, fait un certain angle avec le plan de polarisation de la lumière. On peut d'ailleurs faire varier cet angle, en tournant le polariseur au moyen du levier (UX). Les rayons lumineux traversent ensuite le tube (L) qui contient le liquide à étudier et pénètrent dans une lunette contenant un nicol analyseur (P'). La monture de ce nicol peut tourner au moyen d'un pignon, commandé par un bouton (G) qui engrène sur le pourtour denté d'un cercle perpendiculaire à (L). Dans sa rotation elle entraîne une alidade portant un vernier, qui se déplace devant les divisions du cercle. On observe ces divisions, éclairées par le miroir (M), avec la loupe (N). Le cercle porte deux divisions, l'une en degrés, l'autre en «centièmes de sucre pur» (division saccharimétrique). La première sert lorsqu'on veut mesurer la rotation d'un liquide quelconque. La deuxième sert pour les sucres et permet de s'affranchir de tout calcul.

On peut aussi faire tourner l'analyseur au moyen de la vis (F), qui n'entraîne pas le vernier.

Mode opératoire ➤ On place le zéro du vernier en face du zéro de la division du cercle. On enlève le tube (L) et, regardant par l'oculaire (O), on met au point sur le diaphragme (D). En général les deux moitiés du champ apparaissent avec un éclairage différent (fig. a ou c). On fait alors tourner l'analyseur au moyen de la vis (F) jusqu'à ce que les deux moitiés du champ paraissent faiblement éclairées (fig. b). On intercale alors le tube (L), contenant le liquide étudié, supposons qu'il soit dextrogyre (glucose, sucre de diabète...). On remet au point ; les deux moitiés du champ apparaissent de nouveau inégalement éclairées. On rétablira l'apparence (fig. b) des éclairagements en tournant le bouton (G) vers la droite. On lira alors soit l'angle dont le vernier a tourné, c'est l'angle dont le liquide a fait tourner le plan de polarisation, soit, s'il s'agit d'un sucre, le nombre de «centièmes de sucre pur» indiqué par la division saccharimétrique. Si la substance est lévogyre (sucre inverti, lévulose...) il faut, pour rétablir l'apparence (b), tourner à gauche le bouton (G).



H : 49 - L : 75 - L : 22

constructeur

LAURENT,
SUCCESSION DE SOLEIL
35, RUE DE L'ODÉON À PARIS

182 ALIDADE À PINNULES

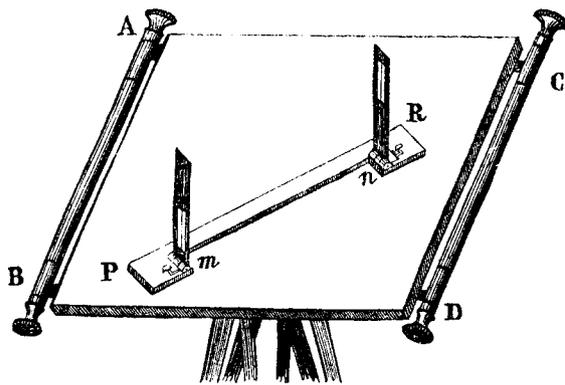
Fonction ➤ Déterminer sur le papier des alignements.

Description ➤ Il s'agit d'une règle en laiton dont chaque extrémité est terminée par une platine en laiton perpendiculaire à la règle.

Sur le milieu de ces platines est établie une ouverture moitié pinnule, moitié fenêtre ; chaque fenêtre qui est garnie d'un fil de soie ou d'un crin bien fin est disposée de manière que l'une se trouve au dessus de la pinnule, et l'autre au dessous ; par conséquent une pinnule quelconque correspond à une fenêtre.

Mode opératoire ➤ On place l'oeil du côté de la pinnule et on vise un objet environnant, on détermine ainsi un rayon visuel partant du point où l'on observe et aboutissant à l'objet visé.

La règle (*mn*) de l'alidade permet de tracer sur le papier porté par une planchette une ligne droite correspondant à ce rayon.



H : 22 - L : 49 - L : 6
H : 23 - L : 50 - L : 5,5



Remarque

La pinnule verticale est assez haute pour que l'observateur puisse observer, du point où il est, un objet éloigné, et distinguer, sans déranger la planchette support du papier, les endroits du terrain plus élevés ou plus bas que ceux du plan correspondant à la face supérieure de la planchette.

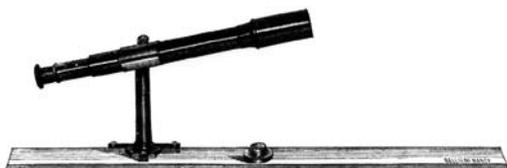
constructeur
BARTHÉLÉMY BIANCHI À PARIS

183 ALIDADE À LUNETTE

Fonction ↩ Déterminer sur le papier des alignements.

Description ↩ Il s'agit d'une règle en laiton munie d'une lunette mobile dont l'objectif comporte une croisée de fils qui détermine l'axe optique.

Mode opératoire ↩ À l'aide de la lunette on vise un objet environnant, on détermine ainsi un rayon visuel partant du point où l'on observe et aboutissant à l'objet visé. La règle de l'alidade permet de tracer sur le papier une ligne droite correspondant à ce rayon.



H : 15 - L : 52 - L : 8

constructeur
RICHER À PARIS

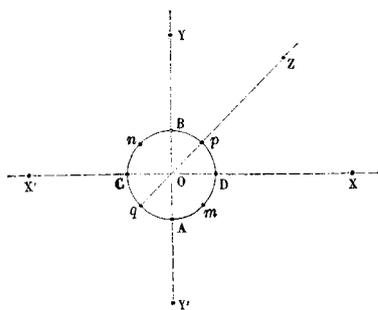
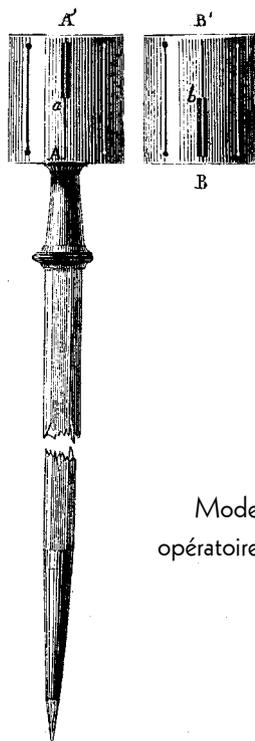
184 ÉQUERRE D'ARPENTEUR

Fonction ➤ Sert à tracer des perpendiculaires sur le terrain.

Description ➤ La partie principale de l'équerre est une boîte cylindrique ou à base octogonale de 8 à 10 centimètres de hauteur sur 5 à 7 centimètres de diamètre, percée de quatre fentes verticales qui correspondent à deux diamètres perpendiculaires (AB) et (CD) de la base. Chaque fente s'élargit, soit vers le haut, soit vers le bas, de manière à former une petite fenêtre, dans l'axe de laquelle est tendu un fil de crin ; mais la disposition des fenêtres est inverse comme on le voit en (AA') et (BB'). Si l'on vise par la fente (Aa), la ligne de visée est déterminée par cette fente et par le fil qui traverse la fenêtre (Bb) ; si l'on vise au contraire par la fente (bB'), la ligne de visée est déterminée par cette fente et par le fil qui traverse la fenêtre (A'a). La disposition est la même pour les fentes pratiquées dans le sens perpendiculaire (CD).

Indépendamment de ces quatre fentes principales, il en existe quatre autres, qui répondent aux milieux des arcs (AD), (DB), (BC), (CA) ; elles n'ont pas de fenêtres, mais elles sont terminées en haut et en bas par des petits trous circulaires qui servent d'ocillon. Cette boîte est terminée à sa partie inférieure par une douille qui peut recevoir un bâton ferré qu'on enfonce verticalement dans le sol et qui sert de support à l'instrument.

Mode opératoire ➤ Pour élever une perpendiculaire en un point (O) d'une droite déterminée par deux signaux (X) et (X') on plante le bâton de l'équerre au point (O), bien verticalement, et l'on fait tourner la boîte de manière qu'en regardant par la fente (C) on aperçoive le signal (X) coupé par le fil de la fenêtre (D), et qu'en regardant par la fenêtre (D) on aperçoive le signal (X') coupé par le fil de la fenêtre (C) ; cette vérification est nécessaire pour s'assurer qu'on est bien dans la direction (CD). Si on regarde alors par les fentes opposées (A) et (B), on aura une direction perpendiculaire à la première ; on pourra donc planter un jalon (Y), de manière qu'en regardant par la fente (A) ce jalon soit coupé par le fil de la fenêtre (B). On peut au besoin en faire planter un second (Y') dans le sens opposé.



H : 16 - D : 6,5 (OCTOGONALE)
H : 17 - D : 7 (CYLINDRIQUE)

185 BOUSSOLE D'ARPENTEUR

Fonction ↩ Sert à mesurer les angles sur le terrain.

Description ↩ Sa partie principale est une aiguille aimantée (AB) reposant, au moyen d'une chape en agate, sur un pivot d'acier établi au centre d'un cercle divisé, gradué en degrés, portant les indications des points cardinaux. Ce cercle est placé à la base inférieure d'une cavité cylindrique pratiquée dans le fond d'une boîte carrée en bois. Cette cavité est fermée à la partie supérieure par une vitre très rapprochée de l'aiguille, de sorte que, lorsqu'on renverse la boîte, l'aiguille ne quitte pas son pivot. Un couvercle à coulisse sert à fermer la boîte.

À côté de la boîte, et parallèlement à la ligne Nord-Sud, se trouve une lunette (LL) ou un tuyau en bois de section rectangulaire, terminé à ses deux extrémités par des plaques de laiton présentant exactement la disposition des pinnules d'une alidade. Cette lunette qui sert à viser les signaux est mobile autour d'un axe horizontal (H), parallèle à la ligne Est-Ouest, en sorte que, lorsque le limbe est horizontal, et la ligne Nord-Sud dirigée effectivement du Nord au Sud, l'axe optique de la lunette peut décrire un plan parallèle au méridien.

Deux niveaux à bulle d'air (nn) et (n'n') permettent de donner au limbe une position parfaitement horizontale. Une vis (V) permet de soulever l'aiguille et

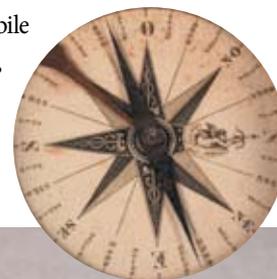
l'appuyer sur le verre de façon que celle-ci ne fatigue pas inutilement son pivot lors des périodes de non utilisation.



Mode opératoire



Pour mesurer un angle horizontal, on établit l'instrument de manière que le limbe soit parallèle à l'horizon, et que son centre soit à peu près dans la verticale du sommet de l'angle à mesurer. On dirige la boîte de manière qu'en visant par la lunette on aperçoive le signal placé dans la direction d'un des côtés de l'angle, et on lit sur le limbe l'azimut magnétique (angle qu'une horizontale fait avec le méridien magnétique) de ce côté. On opère de même pour le deuxième côté de l'angle et par différence, on obtient la valeur de l'angle cherché.

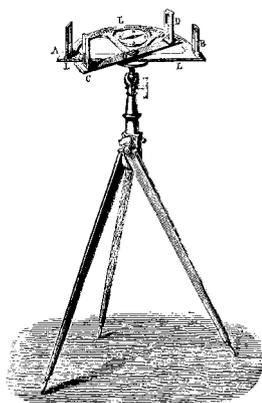


H : 3 - L : 19 - L : 17

186 GRAPHOMÈTRE À PINNULES

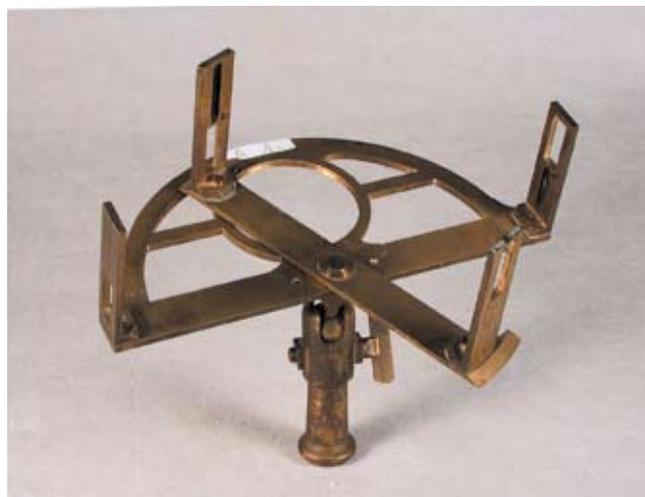
Fonction ➤ Sert à mesurer les angles sur le terrain.

Description ➤ La partie principale est un demi-cercle (LL) qui a ordinairement de 16 à 22 centimètres de diamètre et qui est divisé en demi-degrés. Il est muni de deux alidades, l'une fixe (AB), dirigée suivant le diamètre, l'autre mobile (CD), qui peut tourner autour du centre (O) ; les extrémités de celles-ci sont amincies en biseau suivant des arcs de cercle dont (O) est le centre, et qui, dans toutes les positions de l'alidade, coïncident, l'un ou l'autre, avec le cercle divisé du limbe ; ces mêmes extrémités portent des verniers qui permettent d'évaluer les fractions de division. Sur l'alidade fixe est tracée une droite (AB) passant par le centre et correspondant aux fils des pinnules : c'est ce que l'on appelle la " ligne de foi " de l'alidade fixe ; c'est à partir de cette ligne de foi que se comptent les divisions du limbe. L'alidade mobile a aussi sa ligne de foi (CD), qui se continue au delà des pinnules et correspond au zéro de chaque vernier. Le limbe est muni d'une petite boussole qui permet de s'orienter sur le terrain. Le graphomètre est muni d'un genou à coquille qui permet de l'orienter dans toutes les directions.



Mode opératoire ➤

Pour mesurer un angle dont le plan est horizontal, on établit d'abord l'instrument au sommet de l'angle, de manière que le centre du limbe soit à très peu près dans la verticale de ce sommet ; on est assuré d'y être parvenu lorsqu'en laissant tomber une petite pierre du dessous de ce centre, elle tombe dans le trou fait par le jalon qui occupait précédemment le sommet. On s'assure que le limbe est horizontal au moyen d'un niveau à bulle d'air. On dirige l'alidade fixe vers le signal qui marque l'un des côtés, c'est-à-dire de manière qu'en regardant par la fente de la pinnule, on aperçoive ce signal coupé par le fil qui traverse la fenêtre de la pinnule (B). Enfin, on fait tourner l'alidade mobile vers le signal qui marque le second côté, et une fois celle-ci à sa place, on lit sur le limbe le nombre de degrés et demi degrés compris entre la ligne de foi de l'alidade fixe et celle de l'alidade mobile ; et l'on évalue, à l'aide du vernier, les fractions d'angles.



H : 23 - L : 25 - L : 14

187

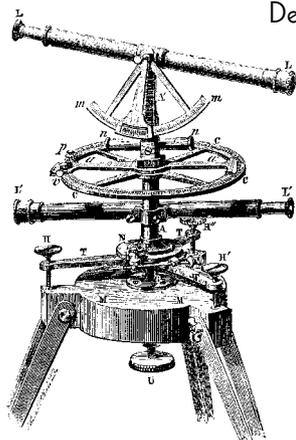
CERCLE RÉPÉTITEUR

Fonction ↪ Sert à mesurer les angles sur le terrain.

Description ↪ Il se compose essentiellement d'un cercle horizontal (CCC), qui peut tourner autour d'un axe vertical passant par son centre, et d'une lunette (LL) dite plongeante (c'est-à-dire mobile autour d'un axe horizontal), mais susceptible en outre d'un second mouvement de rotation autour de l'axe vertical du cercle. Ce dernier fait corps avec une colonne creuse (A), mobile autour d'un axe intérieur (B) ; elle se termine inférieurement par un plateau (N), qui peut être lié au support par le moyen d'une pince (K) que l'on serre au moyen d'une vis de pression (P) ; l'ensemble de ces pièces, le cercle (CC), la colonne (A) et le plateau (N) forment le «*système du cercle*».

L'axe horizontal de la lunette (LL) est établi au sommet d'une autre colonne creuse (A'), mobile autour du même axe vertical (B) que le cercle ; elle se termine inférieurement par une alidade (aa'), dont la ligne de foi est dans le plan vertical déterminé par l'axe optique de la lunette ; ses extrémités sont munies de verniers qui, dans la rotation, ne cessent pas de coïncider avec le limbe du cercle, et l'une de ces extrémités peut en outre être liée au plan du cercle par le moyen d'une pince que l'on serre à l'aide de la vis (p) ; l'ensemble de ces trois pièces, la lunette (LL), la colonne (A') et l'alidade (aa') forment le «*système de la lunette*».

Tout l'appareil repose sur un solide support (MM) à trois pieds, au moyen d'un trépied (TTT) muni de vis calantes (H), (H'), (H''). Perpendiculairement à l'axe de la lunette (LL) est montée une alidade terminée par un vernier, et qui parcourt un arc divisé fixe (mm), embrassant environ 60° de part et d'autre de la verticale. Perpendiculairement à la colonne (A') est établi un niveau à bulle d'air (nn).



Mode opératoire ↪

Pour mesurer un angle, on installe l'instrument de façon que le cercle soit dans un plan horizontal à l'aide des vis calantes et du niveau et qu'il soit au sommet de l'angle à mesurer, de manière que son axe vertical soit au dessus de ce sommet. La vis (P) étant serrée, on fait tourner le système de la lunette jusqu'à ce que le zéro de l'alidade (aa') corresponde au zéro de la graduation du cercle ; on serre alors la vis (p), on desserre la vis (P), et l'on fait tourner l'ensemble des deux systèmes devenus solidaires, jusqu'à ce qu'en visant à l'aide de la lunette (LL), on aperçoive à peu près derrière la croisée des fils placés au foyer de l'objectif le signal qui détermine le côté de l'angle placé à droite de l'opérateur ; on serre alors la vis (P), et à l'aide de la vis de rappel (V), on amène doucement le signal derrière la croisée des fils. Cela fait, on desserre la vis (p) ;

on fait tourner le système de la lunette de droite à gauche jusqu'à ce qu'en visant par la lunette (LL) on aperçoive à peu près derrière la croisée des fils, le signal qui détermine le côté de l'angle placé à gauche de l'opérateur ; on serre alors la vis (p) ; et, à l'aide de la vis de rappel, on amène doucement le signal derrière la croisée des fils. On lit alors, au moyen des verniers, l'angle dont le système supérieur a tourné ; c'est l'angle qu'il s'agissait d'obtenir. En même temps qu'on mesure ainsi un angle, on peut aussi évaluer, à l'aide de l'arc (mm) que parcourt l'alidade fixée perpendiculairement à la lunette (LL), les angles que font ces côtés avec l'horizon.



H : 23 - L : 27 - L : 18

MAGNÉTISME



Le magnétisme traite des propriétés des aimants et des phénomènes qui s'y rapportent. Au début de notre ère, les chinois découvrent la possibilité de s'orienter à l'aide d'une aiguille aimantée.

En 1600, Gilbert, dans son ouvrage «*De Magnete*» contribue grandement au développement des connaissances dans ce domaine.

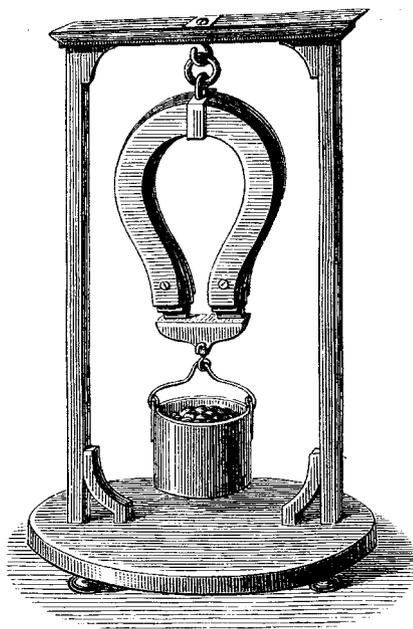
En 1820, Ørsted établit un lien entre les phénomènes électriques et magnétiques et donne naissance à l'électromagnétisme.

En 1864, suite aux travaux d'Ørsted, de Gauss, et de Faraday, Maxwell établit les lois de l'électromagnétisme dont l'importance théorique est considérable. La mémoire de nos ordinateurs est à l'heure actuelle constituée de millions de ferrites magnétiques qui, toujours plus miniaturisées, permettront d'augmenter encore les performances de l'informatique.

L'étude des champs magnétiques de la Terre, du Soleil et du monde vivant en est encore à ses débuts et ouvre des perspectives intéressantes.

188 FAISCEAU MAGNÉTIQUE

- Fonction** ✦ Sert à soulever des objets contenant des substances magnétiques (fer notamment).
- Description** ✦ C'est un ensemble de barreaux aimantés réunis parallèlement par leurs pôles de même nom. Ces faisceaux sont soit rectilignes soit courbés en forme de fer à cheval. Ces derniers, dont les deux pôles sont utilisés en même temps, peuvent supporter des charges plus importantes.



H : 65 - L : 41 - L : 21

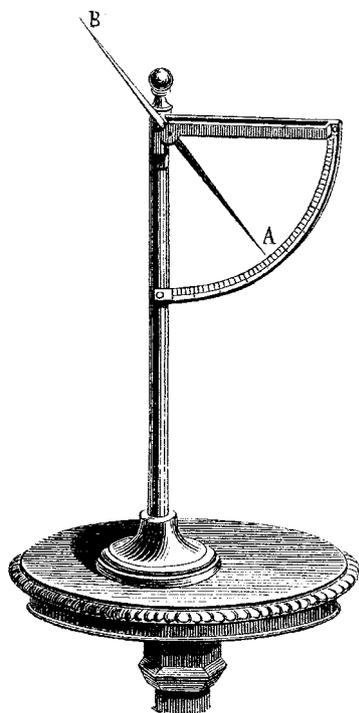


Remarque

Selon Ampère, si un solénoïde parcouru par un courant se comporte comme un aimant, on peut tout aussi bien dire qu'un aimant se comporte comme un solénoïde. Par conséquent, le magnétisme de l'aimant serait causé par des courants électriques qui y circulent (courants ampériens). Il exprima cette idée le 18 octobre 1820 à l'Académie des Sciences.

189 BOUSSELE D'INCLINAISON

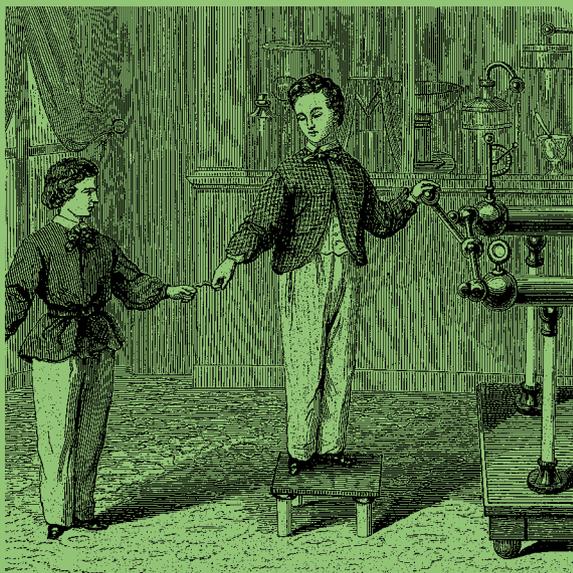
- Fonction** ✦ Mesurer l'inclinaison magnétique, c'est-à-dire l'angle que fait une aiguille aimantée avec l'horizontale lorsqu'elle est dans le plan du méridien magnétique.
- Description** ✦ C'est une aiguille aimantée mobile autour d'un axe horizontal devant un cadran circulaire, vertical, gradué en degrés.
- Mode opératoire** ✦ Il suffit d'orienter le cadran circulaire vertical dans la direction sud-nord : La position de l'aiguille donne alors la valeur de l'inclinaison magnétique du lieu.



H : 37 - D : 13 D' : 9

constructeur
DELEUIL, À PARIS

ÉLECTRICITÉ STATIQUE



L'électricité statique appelée aussi électrostatique traite des phénomènes d'équilibre des charges électriques sur les corps électrisés.

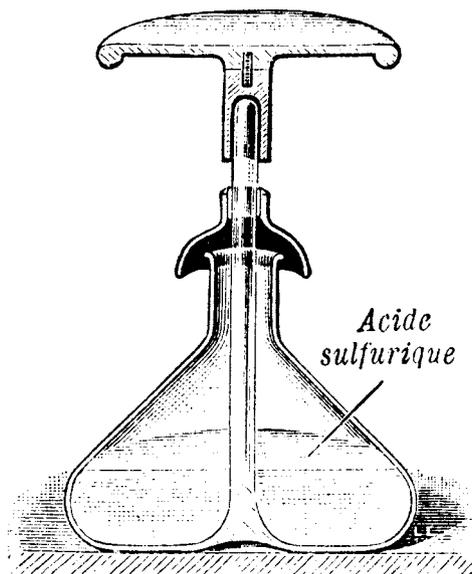
Au XVII^{ème} siècle Otto de Guéricke invente la première machine électrostatique.

Au XVIII^{ème}, Du Fay découvre que le verre et la résine acquièrent par frottement des charges électriques différentes appelées respectivement vitrée (positive) et résineuse (négative) ; Musschenbroek invente la bouteille de Leyde et les machines électriques se perfectionnent permettant notamment à l'abbé Nollet de réaliser de spectaculaires et célèbres expériences dont certaines sont reprises actuellement au Palais de la Découverte à Paris. Les résultats expérimentaux et quantitatifs de Coulomb (1785) marquent le couronnement de l'électrostatique.

L'électricité statique et ses propriétés sont abondamment utilisés dans la reproduction de documents appelée électrocopie mais aussi dans le domaine de la peinture des automobiles au pistolet et de la précipitation des fumées rejetées par les centrales thermiques.

190 ISOLATEUR MASCART

- Fonction** ✦ Isoler les corps électrisés du sol.
- Description** ✦ Dans le fond d'une large bouteille de verre à moitié pleine d'acide sulfurique concentré, est implantée une tige de verre qui passe dans le col étroit de la bouteille, mais sans toucher celui-ci. Cette tige est terminée par un plateau circulaire.
- Mode opératoire** ✦ Il suffit de placer les corps conducteurs que l'on veut électriser sur le plateau. La tige et le plateau sont ainsi placés dans l'atmosphère desséchée par l'acide sulfurique et constituent un excellent isolant.



H : 28 - D : 14 (DISQUE)

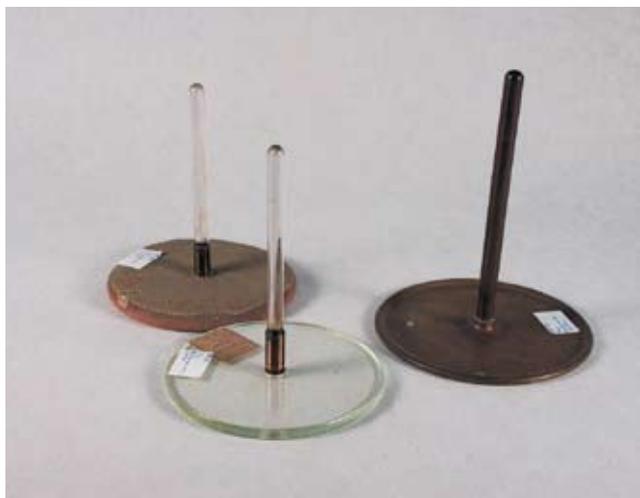
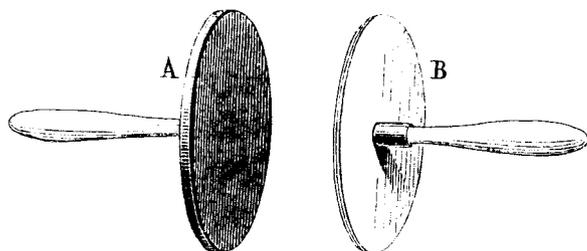
191 DISQUES AVEC MANCHES ISOLANTS

Loi ou phénomène ⚡ Lorsqu'on frotte l'un contre l'autre deux corps de natures différentes, ils s'électrisent tous deux, l'un positivement, l'autre négativement.

Description ⚡ Ce sont des disques de verre poli, ou de métal, de bois recouvert de laine etc... auxquels sont fixés des manches de verre isolants.

Expérience ⚡ Tenant ces disques par les deux manches, on les frotte vivement l'un contre l'autre et on les sépare ensuite brusquement.

On communique à un pendule électrique une charge électrique connue, et on lui présente séparément les deux corps frottés. Or l'un des deux attire la balle de sureau du pendule, et l'autre la repousse ; ce qui montre qu'ils sont chargés d'électricités contraires.



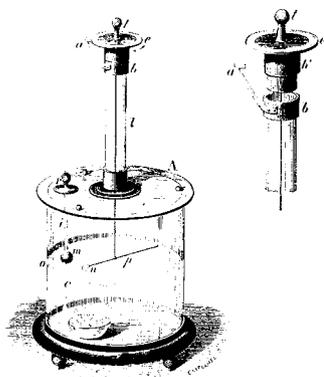
H : 17,5 - D : 16 (DISQUE LAINE)
 H : 18,5 - D : 16 (DISQUE VERRE)
 H : 21,5 - D : 17,5 (DISQUE LAITON)

192 BALANCE DE COULOMB

Loi ou phénomène ➤ **Loi de Coulomb** : *Les forces d'attraction et de répulsion entre deux corps électrisés sont inversement proportionnelles au carré de la distance qui les sépare et proportionnelles au produit des quantités d'électricité que portent ces corps.*

Description ➤ Elle se compose d'une cage cylindrique de verre, fermée par un plateau de verre, au centre duquel s'élève un tube de même matière qui peut tourner sur lui-même.

Une garniture de laiton (b) fixée au tube porte un indicateur (a). L'autre garniture (K) qui porte un cadran divisé (e) en 360 degrés pivote dans la garniture (b) grâce à un bouton (t). Au centre de (K) est fixé un fil de torsion très fin, en argent, auquel est suspendue une aiguille de gomme laque (p), terminée à un bout par un disque de clinquant (n). Le plateau de verre est percé d'un trou (r) par lequel on introduit dans la cage un tube de verre (i) qui porte une boule de laiton (m). Le pourtour de la cage porte une bande de papier avec une graduation de 360 degrés.



Expérience ➤

- Influence de la distance à charge électrique constante :

On commence par dessécher l'air qui est dans l'appareil en plaçant dans la cage une capsule remplie de chaux vive.

Lorsque le zéro du disque (e) coïncide au repère (a), on tourne le tube (l) jusqu'à ce que l'aiguille (p) soit dirigée vers le zéro du cercle gradué (C), position de la boule (m). On électrise la boule (m), que l'on met au contact du disque. Ce dernier, électrisé par contact est repoussé, et s'arrête, après quelques oscillations, lorsque la torsion du fil fait équilibre à la force répulsive s'exerçant entre le disque et la boule.

Supposons que la torsion marquée alors par l'aiguille, sur le cadran (c), soit de 20 degrés. Ce nombre 20 est lié à la répulsion électrique correspondant à la distance entre l'aiguille et la boule (m).

On tourne le disque (e), dans le sens de la flèche, jusqu'à ce que la distance de (n) à (m) ne soit plus que de 10 degrés : pour amener l'aiguille à ce point, on trouve qu'il faut tourner de 70 degrés. Le fil est donc tordu de 80 degrés (70 degrés dans un sens et 10 degrés dans l'autre) : ainsi lorsque la distance est divisée par deux, la torsion, donc la force de répulsion quadruple. De même, si la distance est trois fois moindre, la répulsion est neuf fois plus grande.

- Influence de la charge à distance constante :

On électrise la boule (m), on la met en contact avec une autre boule de cuivre non électrisée, de même diamètre et isolée. La charge électrique de la boule (m) diminue de moitié. En la replaçant dans la cage, on voit que la force de répulsion n'est plus que la moitié de ce qu'elle était. Si l'on continue l'expérience, on verra que la force est divisée par deux chaque fois que la charge est divisée par deux.



H : 57 - D : 5 - D' : 37

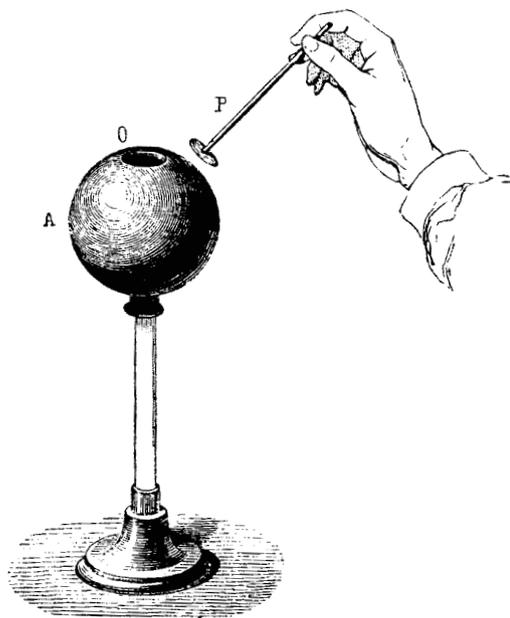
193 SPHÈRE CREUSE DE COULOMB

Loi ou phénomène ✦ Les charges électriques apportées lors de l'électrisation d'un conducteur se répartissent sur sa surface extérieure.

Description ✦ Il s'agit d'une sphère de laiton creuse, percée d'une ouverture circulaire à sa partie supérieure. Elle est fixée sur un pied de verre isolant.

Expérience ✦ Si l'on électrise cette sphère et qu'on touche l'un des points de la surface extérieure avec un petit disque de clinquant isolé au bout d'une longue tige de gomme laque, on constate que le petit disque se charge électriquement.

Si au contraire on fait la même expérience en touchant un point intérieur, on ne constate pas de charges électriques sur le disque de clinquant.



H : 46 - D : 18

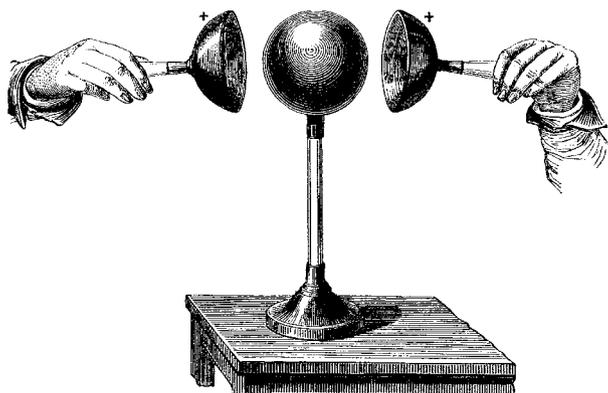
194 HÉMISPHERES POUR EXPÉRIENCE DE BIOT

Loi ou phénomène ➤ L'électricité d'un corps chargé électriquement se répartit principalement à sa surface.

Description ➤ Une sphère de laiton isolée sur un pied de verre, avec deux hémisphères creux en laiton, de diamètre à peine plus grand, munis de manches isolants.

Expérience ➤ On charge électriquement la sphère isolée. On la recouvre exactement avec les deux hémisphères qui constituent alors la surface du corps électrisé, puis on écarte brusquement les hémisphères. On constate alors que ces derniers se sont chargés électriquement et que la sphère ne l'est plus.

On en conclut qu'au moment où la sphère et les deux hémisphères ne faisaient qu'un corps, les charges électriques portées par la sphère intérieure sont passées sur les deux hémisphères extérieurs et se sont réparties en surface.



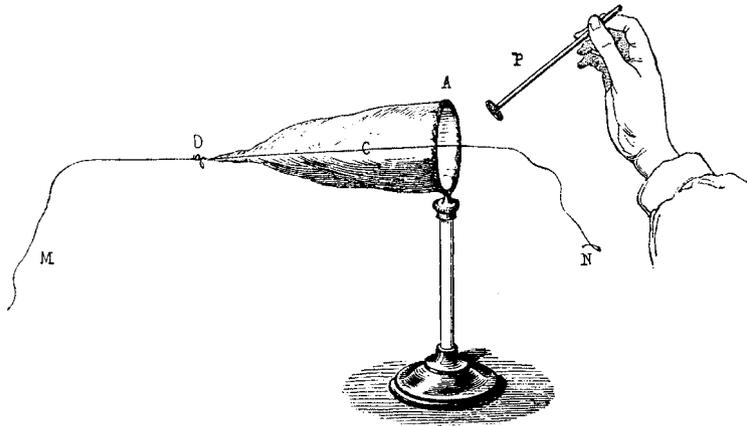
H : 46 - L : 23 - D : 18

195 SAC DE MOUSSELINE DE FARADAY

Loi ou phénomène ✦ Lorsqu'un corps, conducteur et isolé, est électrisé, l'électricité se porte exclusivement à sa surface extérieure.

Description ✦ Un cercle métallique (A) isolé, soutient un petit sac de mousseline dont la forme est à peu près celle des filets à papillons ; un fil de soie (MN) traverse le sac et est attaché à son sommet en (D).

Expérience ✦ Si l'on électrise le cercle métallique, on détecte, à l'aide d'un plan d'épreuve, que seule la surface extérieure du sac est électrisée. Si alors on retourne le sac en tirant sur l'extrémité (N) du fil de manière à ce que sa surface interne devienne externe et réciproquement, on constate que c'est encore la surface externe qui est seule électrisée.



H : 53,5 - D : 17,5

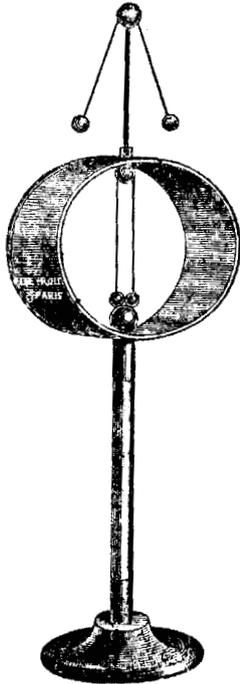
196

CYLINDRE OUVERT DE MASCART

Loi ou phénomène ✦ L'électricité d'un conducteur réside sur sa surface extérieure. Ni cette électricité ni celle des sources extérieures n'exercent d'action sur tout point pris à l'intérieur du conducteur qui forme ainsi un écran électrique pour tout ce qu'il enveloppe.

Description ✦ Il s'agit d'un cylindre creux de laiton isolé sur un pied de verre. Le cylindre porte deux tiges l'une à l'intérieur, l'autre à l'extérieur, munies de petits pendules électriques formés de balles en moelle de sureau suspendues par des fils de lin.

Expérience ✦ Si on met le cylindre en contact avec un corps chargé, on voit aussitôt les pendules qui sont sur la surface extérieure du cylindre, diverger, tandis que ceux qui sont à l'intérieur restent immobiles.



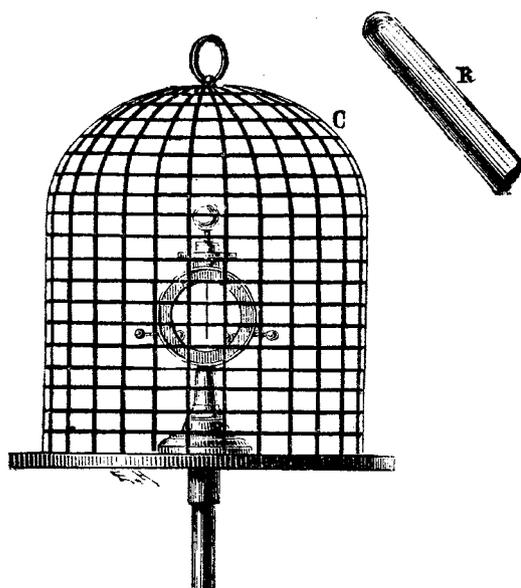
H : 43 - L : 12 - D : 10,5

197 CAGE DE FARADAY

Loi ou phénomène ↪ Les charges électriques d'un conducteur en équilibre sont réparties sur sa surface extérieure. Ni ces charges ni celles des sources extérieures n'exercent une influence sur tout point pris à l'intérieur du conducteur : il forme ainsi un écran électrique pour tout ce qu'il contient.

Description ↪ Elle se compose d'une cage cylindrique métallique grillagée. De petits pendules électriques formés de balles en moelle de sureau sont suspendus par des fils de lin.

Expérience ↪ Si on met la cage en contact avec un corps chargé, on voit aussitôt les pendules qui sont à l'extérieur de la cage s'écarter, tandis que ceux qui sont à l'intérieur restent immobiles. On n'observe aucune modification de la divergence des deux feuilles d'un électroscope chargé et placé à l'intérieur de la cage.



H : 44 - D : 18 - D' : 27



Remarque

Lors d'un orage, l'électricité atmosphérique reste à la surface des carrosseries métalliques des automobiles.

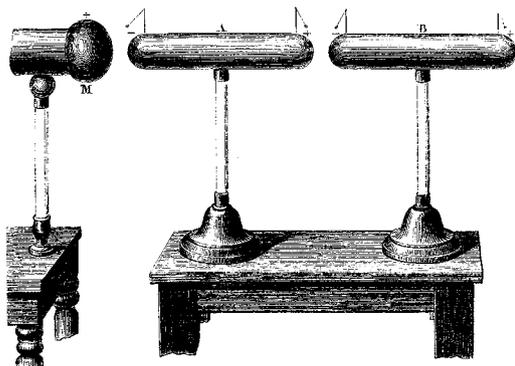
Les passagers à l'intérieur sont ainsi protégés par cet écran électrique.

198 CYLINDRE ISOLE D'ÆPINUS

Loi ou phénomène ➤ Électrisation par influence. «Lorsqu'un corps électrisé est placé à proximité d'un corps conducteur neutre, il attire vers lui l'électricité contraire à celle dont il est chargé et repousse à l'extrémité opposée l'électricité de même signe».

Description ➤ C'est un cylindre de laiton isolé sur un pied de verre et qui porte à ses extrémités deux petits pendules électriques formés de balles en moelle de sureau suspendues par des fils de lin.

Expérience ➤ Si on approche le cylindre de laiton à quelques centimètres d'un corps chargé, par exemple, d'électricité positive, on voit aussitôt les deux petits pendules s'écarter des tiges qui les supportent : ce qui prouve déjà que les extrémités du cylindre sont électrisées. De plus, si l'on présente successivement à chacun de ces petits pendules, un corps électrisé négativement, par exemple un bâton de résine frotté avec de la laine, on constate qu'il y a répulsion du pendule placé à l'extrémité la plus voisine du corps électrisé : la première extrémité s'est chargée d'électricité négative (opposée à celle de la charge influente), la deuxième extrémité s'est chargée positivement.



H : 42,5 - L : 47,5 - D : 7,5 (CYLINDRE) - D' : 19,5

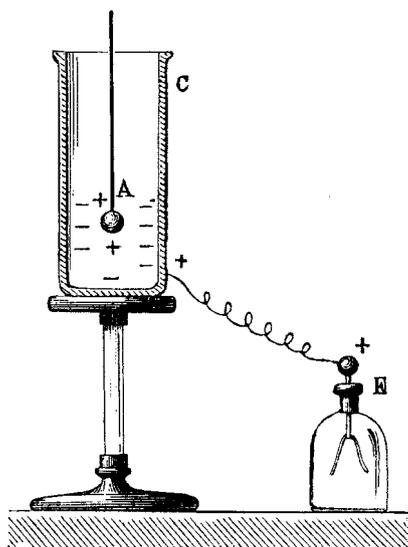
199 CYLINDRE DE FARADAY

Loi ou phénomène ➤ **Théorème de Faraday** : «Un corps conducteur électrisé, entouré complètement par un autre conducteur y induit une quantité d'électricité contraire, qui est égale à sa propre charge».

Description ➤ Il s'agit d'un cylindre (C) en laiton ouvert à sa partie supérieure, placé sur un support isolant et relié par un fil métallique à un électroscope (E).

Expérience ➤ On fait descendre lentement dans le cylindre une sphère métallique électrisée positivement, et suspendue à un fil isolant. Les feuilles de l'électroscope divergent aussitôt : la surface interne du cylindre s'est chargée négativement par influence et la surface externe, positivement.

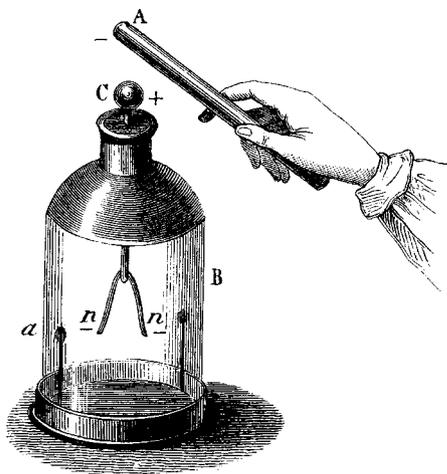
On constate que la divergence augmente au fur et à mesure que la sphère descend, jusqu'à un certain niveau où la divergence reste constante. La divergence n'augmentera pas davantage lorsque la sphère arrive au contact des parois : donc la quantité d'électricité induite est égale à la quantité d'électricité inductrice, puisque ces deux quantités se neutralisent exactement et qu'aucun excès de l'une ou de l'autre ne passe à la surface externe du cylindre.



H : 24,5 - D : 15

200 ÉLECTROSCOPE À FEUILLES D'OR OU À PAILLES

- Fonction** ✦ Montrer qu'un corps est chargé d'électricité.
- Description** ✦ Il est constitué par une cloche en verre reposant sur un plateau en laiton et dont la tubulure livre passage à une tige de laiton terminée à l'extérieur par une boule métallique et à l'intérieur par deux feuilles d'or très légères ou par deux pailles.
- Mode opératoire** ✦ Lorsqu'on approche de la boule métallique, un corps chargé, par exemple, d'électricité négative, cette dernière, agissant par influence sur l'ensemble boule-tige, repousse la charge négative vers les feuilles d'or. Celles-ci, se trouvant ainsi chargées de la même électricité, se repoussent.



ÉLECTROSCOPE À PAILLES
H : 13,5 - D : 7,5



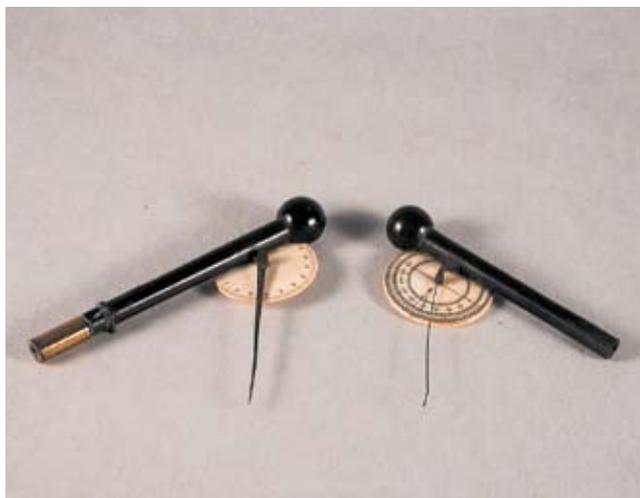
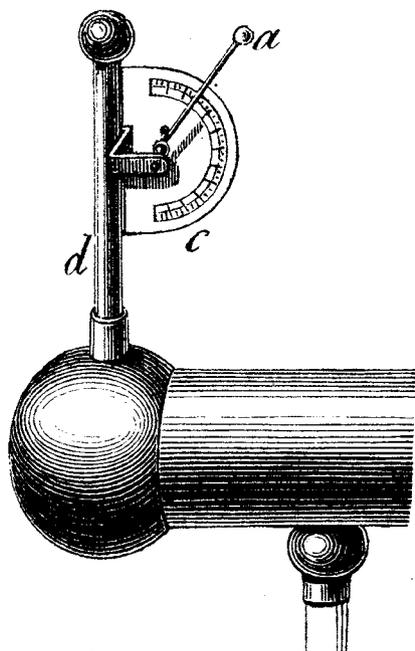
ÉLECTROSCOPE À FEUILLES D'OR
H : 32,5 - D : 6,5 - D' : 10,5

201 ÉLECTROMÈTRE DE HENLEY

Fonction ↪ Indiquer l'évolution de la charge d'un conducteur et celle des batteries électriques.

Description ↪ Il se compose d'une tige de bois verticale (d) à laquelle est fixé un cadran d'ivoire (c) également vertical. Au centre de ce dernier se trouve un axe horizontal autour duquel tourne une aiguille de baleine, terminée par une boule de moelle de sureau.

Mode opératoire ↪ L'instrument est ordinairement vissé sur l'un des conducteurs d'une machine électrique ou d'une batterie électrique. À mesure que celle-ci se charge, l'aiguille tourne d'un certain angle et elle monte jusqu'à ce que le maximum de charge soit atteint. Il n'y a pas de relation simple entre l'inclinaison du pendule et la valeur du potentiel, c'est pourquoi l'appareil est improprement appelé électromètre alors que c'est plutôt un électroscope de sécurité.



H : 16,5 - L : 4,5 (À GAUCHE)
L : 13,5 - L : 5 (À DROITE)

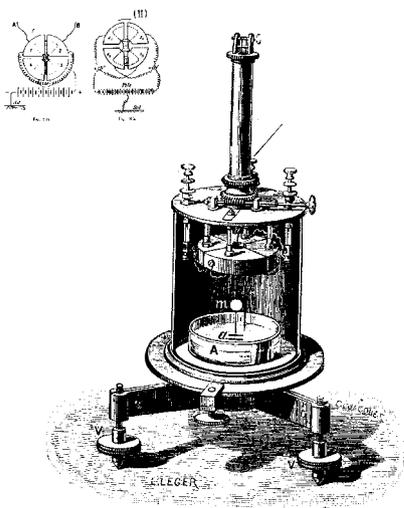
202 ÉLECTROMÈTRE À QUADRANTS DE MASCART

Fonction ➤ Mesurer la différence de potentiel qui existe entre deux conducteurs.

Description ➤ Il se compose essentiellement d'une pièce mobile, formée d'une lame mince en aluminium nommée «aiguille» qui a la forme de deux quarts de cercle opposés. Elle est suspendue par un double fil de coton (suspension bifilaire) à l'intérieur d'une sorte de boîte plate, formée de quatre segments ou «quadrants». L'aiguille porte, en outre, à sa partie inférieure, un fil de platine qui plonge dans une petite cuve contenant de l'acide sulfurique. Un fil isolé, plongeant aussi dans ce liquide, permet de mettre l'aiguille en communication électrique avec l'extérieur. Quant aux quadrants ils sont réunis de deux en deux et forment deux paires (1 et 3) d'une part et (2 et 4) d'autre part, soigneusement isolées l'une de l'autre. Le tout est placé dans une cage métallique que l'on relie généralement au sol.

Mode opératoire ➤ On met l'aiguille en communication avec le pôle positif d'une pile d'un grand nombre d'éléments (100 par exemple) dont le pôle négatif est à la terre. L'aiguille est donc portée ainsi à un potentiel positif élevé. On met respectivement les deux paires de quadrants en communication avec les deux conducteurs (A) et (B) dont on veut mesurer la différence de potentiel. On constate que l'aiguille est repoussée par les quadrants au plus haut potentiel positif et attirée par les autres. Elle s'enfonce donc davantage dans les quadrants qui communiquent avec le conducteur au plus bas potentiel. La déviation de l'aiguille change donc de sens avec la différence de potentiel à mesurer.

On mesure la déviation de l'aiguille en s'aidant d'un petit miroir (m) porté par la tige de l'aiguille. Or cette déviation est proportionnelle à la différence de potentiel qui existe entre les quadrants. Si l'on connaît la force électromotrice de l'un des éléments, on a étalonné, en même temps, l'instrument, en mesurant la déviation qui correspond à une différence de potentiel de un volt.



H : 36 - D : 13

constructeur
J. CARPENTIER, PARIS

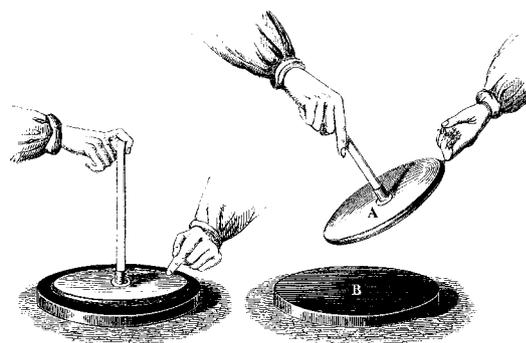
203 ÉLECTROPHORE DE VOLTA

Fonction ⚡ Source d'électricité créée par influence.

Description ⚡ Il se compose d'un gâteau de résine coulé dans un moule et d'un disque de laiton muni d'un manche isolant.

Mode opératoire ⚡ On frappe le gâteau de résine avec une peau de chat, puis on dispose le disque conducteur au dessus, sans qu'il y ait contact : l'électricité négative de la résine développe par influence de l'électricité positive sur la face inférieure du disque et de l'électricité négative sur la face supérieure.

On touche alors le disque avec le doigt, l'électricité négative s'écoule vers le sol par l'intermédiaire du corps humain. On cesse alors le contact avec le doigt : le disque qu'on éloigne, en le tenant par le manche isolant, est alors chargé d'électricité positive. Le disque ainsi chargé permet de faire jaillir une étincelle entre lui et tout corps conducteur.



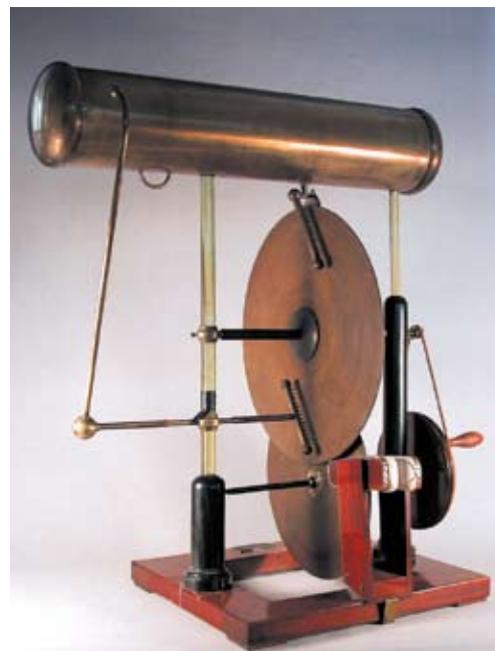
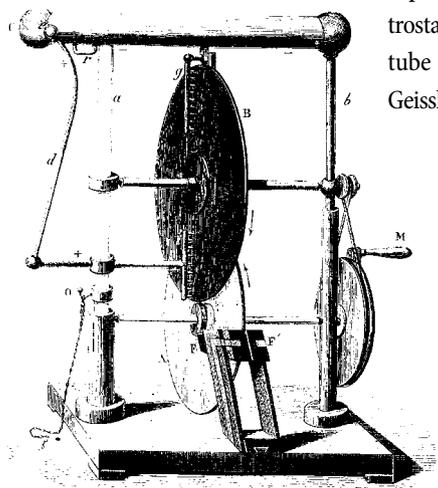
H : 20,5 - D : 22,5

204 MACHINE DIÉLECTRIQUE DE CARRÉ

Fonction ➤ Produire de l'électricité statique par frottement et influence.

Description ➤ Elle se compose de deux plateaux tournant en sens contraires ; l'un (A) de verre, l'autre (B) en ébonite. Ils se recouvrent en partie. Le plateau inférieur tourne lentement au moyen d'une manivelle (M), tandis que le supérieur est mis en rotation rapide par une courroie qui va d'une grande à une petite poulie. Le plateau (A) s'électrise positivement grâce à deux frottoirs (F) et (F'). Un peigne (i) permet au plateau (B) de se charger négativement grâce au peigne (g), le plateau (B) revenant à l'état neutre.

Mode opératoire ➤ Il suffit de tourner la manivelle pour obtenir, entre le conducteur (C) chargé négativement et le conducteur (d,e) chargé positivement, des étincelles d'une quinzaine de centimètres, et plus, lorsqu'on y connecte un condensateur auxiliaire, tel qu'une bouteille de Leyde. Cette machine peut servir à toutes les expériences «classiques» d'électrostatique (carreau magique, tube étincelant, tube de Geissler...).



H : 100 - L : 78 - L : 56

205 MACHINE DE WIMSHURST

Fonction ↗ Développer de l'électricité (par influence).

Description ↗ Elle se compose essentiellement de deux plateaux en ébonite portant sur leurs faces extérieures, des bandes d'étain disposées suivant des rayons.

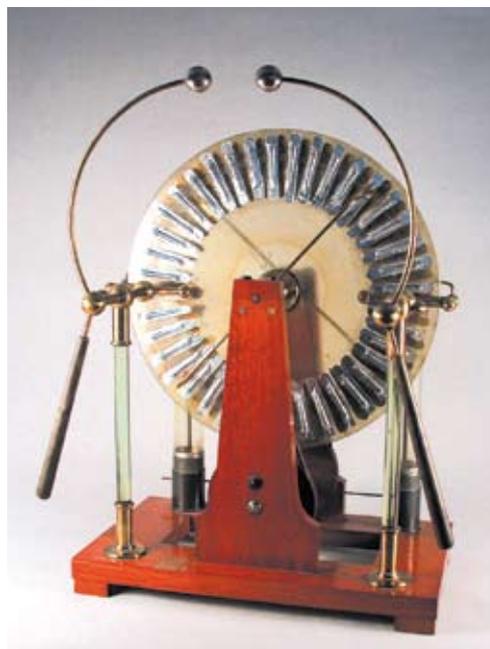
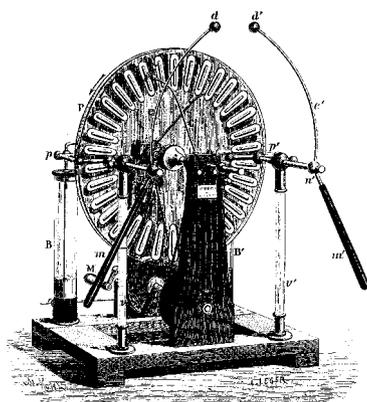
Une manivelle et des courroies dont l'une est croisée, permettent de faire tourner les plateaux en sens contraires.

Deux tiges mobiles, en laiton étamé, terminées par des boules et munies de poignées d'ébonite constituent les deux pôles de la machine. Les électricités différentes développées sur l'un et l'autre des plateaux sont communiquées à ces pôles à l'aide de petits balais métalliques qui frottent sur les bandes d'étain.

Deux bouteilles de Leyde, reliées aux pôles, servent de condensateur et permettent d'accumuler les électricités pour augmenter les effets de la machine.

Mode opératoire ↗ Il suffit de tourner la manivelle pour que les pôles soient chargés d'électricités différentes.

Si on rapproche ces pôles, en agissant sur les poignées d'ébonite, on peut faire jaillir des étincelles entre les deux boules appelées boutons de décharge.



H : 71,5 - L : 64 - L : 53 - D : 47 (DISQUE)

206

CARILLON ÉLECTRIQUE

Loi ou phénomène ✦ Électrisation par contact et par influence.

Attraction et répulsion de corps chargés électriquement

Description ✦ C'est un petit appareil composé de trois timbres métalliques suspendus à une tringle horizontale.

Les timbres (A) et (B) pendent par des chaînes métalliques conductrices. Le timbre (C) du milieu pend par un fil de soie isolant et communique électriquement avec le sol au moyen d'une chaîne métallique.

Entre le timbre du milieu et les deux autres sont suspendues, par des fils de soie, deux petites boules de laiton.

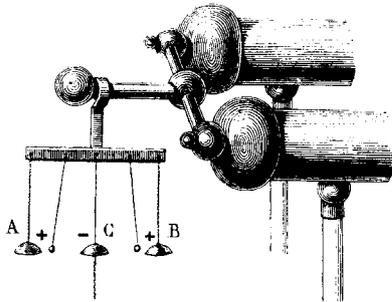
Expérience ✦ La tringle est mise en contact électrique avec une source d'électricité négative, par exemple : alors les timbres (A) et (B) s'électrisent aussi négativement.

Par influence les faces des boules proches des timbres deviennent positives (par déplacement des charges négatives mobiles, les boules restant globalement neutres).

Les deux boules aussitôt attirées par les timbres (A) et (B) viennent alors les frapper.

Au contact, elles se chargent négativement. Elles sont alors repoussées et vont frapper le timbre (C), au contact duquel elles retombent à l'état neutre.

Elles sont de nouveau attirées, puis repoussées par les timbres (A) et (B) et exécutent ainsi une série d'oscillations et de chocs qui font résonner les trois timbres pendant tout le temps que la machine est chargée.



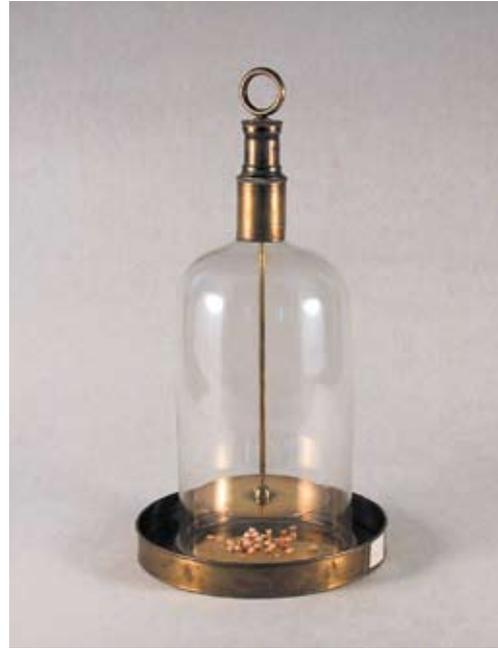
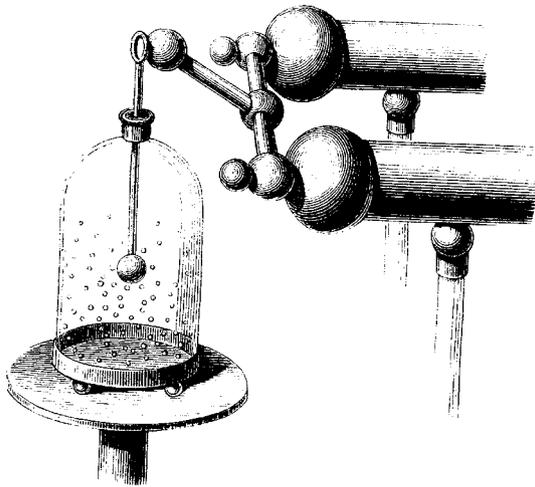
H : 19 - L : 22

207 APPAREIL À GRÊLE DE VOLTA

Loi ou phénomène ↪ Électrisation par influence et décharge par contact.

Description ↪ C'est une cloche en verre, reposant sur un plateau métallique en communication avec le sol, et dans le bouchon de laquelle passe une tige métallique terminée à l'intérieur de la cloche par une boule de laiton et à l'extérieur par un anneau de même métal. Des balles en moelle de sureau reposent sur le fond de l'appareil.

Expérience ↪ Si l'on met la tige en communication avec une source d'électricité, les balles de sureau se chargent par influence et sont attirées par la boule ; en la touchant elles se chargent d'électricité de même nom. Elles sont alors repoussées, retombent sur le plateau qui les décharge et ainsi de suite.



H : 48,5 - D : 18 - D' : 24,5



Remarque

«Se fondant sur cette expérience, Volta admettait que les grêlons, lorsqu'ils se trouvaient placés entre deux nuages chargés d'électricité contraire, allaient successivement de l'un à l'autre et condensaient à leur surface de la vapeur d'eau ambiante qui, en se congelant, leur faisait acquérir le volume qu'on observe quelquefois. Cette théorie, insuffisante pour rendre compte de la grosseur des grêlons n'est point admise aujourd'hui (1874)».

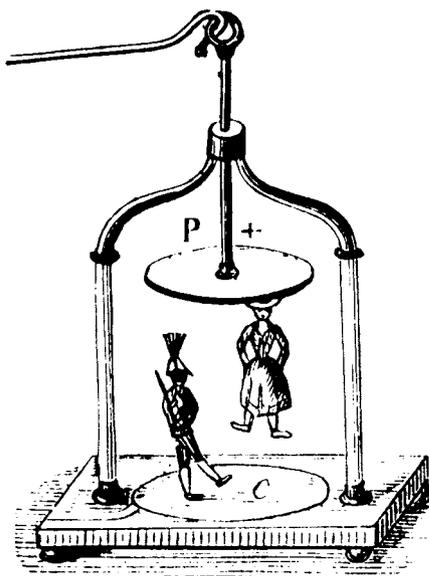
Dans une variante de cette expérience, on remplaçait les balles par un pantin en moelle de sureau et l'expérience prenait alors un tour récréatif appelé «la danse des pantins».

208 THÉÂTRE ÉLECTRIQUE ou DANSE DES PANTINS

Loi ou phénomène ⚡ Électrisation par influence et décharge par contact.

Description ⚡ Il est constitué de deux plateaux métalliques dont l'un est relié au sol et l'autre est fixé à une tige métallique terminée par un anneau. Les personnages en moelle de sureau portent sur leurs têtes des aigrettes de soie.

Expérience ⚡ Si l'on met la tige en communication avec une source (S) d'électricité, les personnages se chargent par influence et sont attirés par le disque supérieur (P) ; en le touchant ils se chargent d'électricité de même nom. Ils sont alors repoussés et retombent sur le plateau (C) qui les décharge et ainsi de suite. L'aigrette de soie sur leur tête fait qu'ils se tiennent droits pendant leurs mouvements.



H : 52 - L : 40 - L : 19

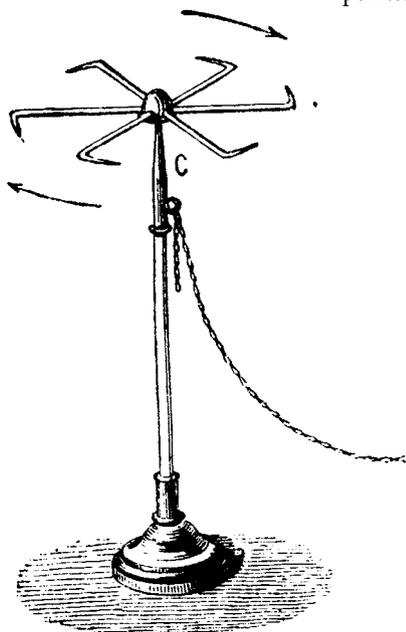
209 TOURNIQUET ÉLECTRIQUE

Loi ou phénomène ↪ Pouvoir électrique des pointes.

Description ↪ Il se compose de 5 ou 6 rayons métalliques horizontaux recourbés dans le même sens. Ils sont terminés en pointe et fixés à une chape commune mobile sur un pivot métallique et vertical (C).

Expérience ↪ Au moyen de la chaîne métallique, on relie électriquement le pivot (C) à une source d'électricité négative par exemple. L'appareil se met alors en mouvement en sens inverse de la direction des pointes.

En effet, les charges négatives s'accumulent très fortement au niveau des pointes, par contact, l'air proche des pointes se charge aussi négativement et repousse donc ces pointes.



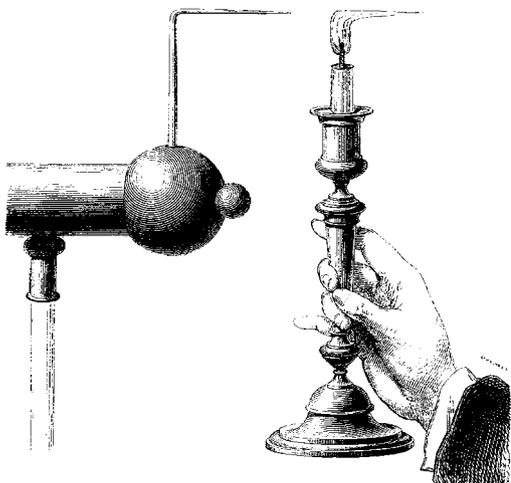
H : 13 - D : 5,5 - D' : 12

210 POINTE POUR VENT ÉLECTRIQUE

Loi ou phénomène ✦ Effet de vent dû à l'accumulation de charges électriques dans une pointe.

Description ✦ Il s'agit d'une tige métallique recourbée et terminée en pointe.

Expérience ✦ Si l'on fixe cette tige recourbée sur le conducteur d'une machine électrique, des charges électriques s'accumulent sur la pointe qui dans l'obscurité présente une aigrette lumineuse. Les couches d'air voisines s'électrisent par contact et sont ensuite repoussées par la tige. De nouvelles couches viennent remplacer les premières, de sorte qu'il se produit un mouvement de l'air très perceptible à la main, et peut être assez intense pour courber et même éteindre la flamme d'une bougie placée au-devant de la pointe.



H : 6 - L : 4,5 - D : 2,5

211 CONDENSATEUR D'ÆPINUS

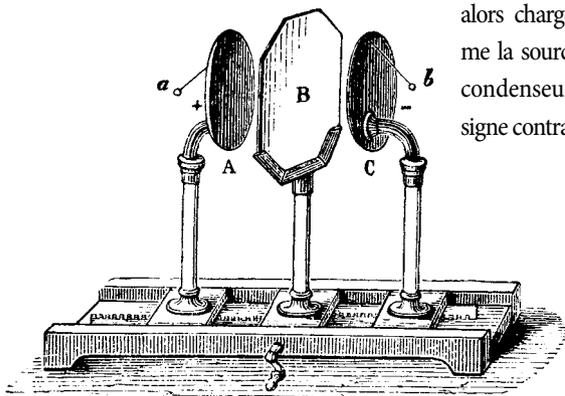
Loi ou phénomène ➤ Principe du condensateur, dispositif servant à accumuler séparément les deux sortes d'électricité.

Description ➤ Cet appareil se compose de deux plateaux circulaires verticaux (A) et (C) de laiton et d'une lame de verre (B) qui les sépare. Ces plateaux, munis chacun d'un petit pendule électrique, sont isolés sur deux colonnes de verre dont les pieds peuvent être déplacés le long d'une règle qui leur sert de support, permettant ainsi de modifier la distance des deux plateaux.

Expérience ➤ Pour charger le condensateur, on amène les plateaux en contact avec la lame de verre ; puis, au moyen de cordons métalliques, on fait communiquer électriquement l'un deux, (C) par exemple, (collecteur), avec une source d'électricité, et l'autre (A) (condenseur), avec le sol.

Lorsque le pendule du collecteur (C) a atteint son écart maximum, le condensateur est dit chargé «à refus». On rompt alors les liaisons électriques avec la machine et avec le sol, en enlevant les cordons métalliques.

Le collecteur est alors chargé comme la source, et le condenseur, de signe contraire.



H : 48,5 - L : 65 - l : 16 - D : 17 (DISQUES)

212 EXCITATEUR SIMPLE

- Fonction ✦ Décharger une bouteille de Leyde, une batterie électrique, un condensateur...
- Description ✦ C'est un instrument formé de deux arcs de laiton, terminés par des boules de même métal, réunis par une charnière.
- Mode opératoire ✦ Pour décharger, par exemple, une bouteille de Leyde, on la tient à la main, et l'on met en communication les deux armatures à l'aide de l'excitateur simple. Il faut avoir soin de toucher d'abord l'armature que l'on tient à la main, sinon on reçoit la commotion.



L : 21 - L : 8

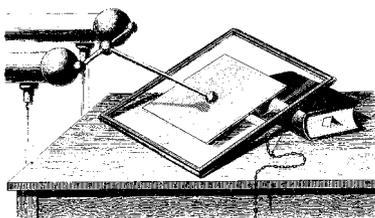
213 CARREAU MAGIQUE OU FULMINANT

Loi ou phénomène ↪ Effet physiologique de la décharge électrique d'un condensateur.

Description ↪ Il est formé d'un carreau de verre ordinaire entouré d'un cadre de bois. Sur les faces de ce carreau sont collées deux feuilles d'étain de même dimension, en regard l'une de l'autre, et laissant entre leurs bords et le cadre un intervalle de six centimètres environ. Ces feuilles ne communiquent pas entre elles ; mais l'une d'elles est reliée par un petit ruban d'étain à un anneau auquel est suspendue une chaîne.

Expérience ↪ On place le carreau à peu près horizontalement et on fait communiquer sa face supérieure avec une machine électrique, tandis que sa face inférieure communique, par la chaîne, avec le sol. Les deux feuilles se comportent comme les plateaux du condensateur d'Æpinus et il s'accumule sur l'une et l'autre une grande quantité d'électricité de signes contraires.

Dans ces circonstances, si une personne essaye de prendre, par exemple, une pièce de monnaie placée sur la face supérieure, au moment où le doigt arrive à une petite distance de la pièce, les charges électriques des deux armatures se réunissent en produisant une étincelle entre le sol et le corps de l'observateur ; celui-ci éprouve une forte secousse, qui lui fait fléchir le bras et l'empêche de saisir la pièce.



H : 00 - L : 41 - L : 33,5 - É : 1,5

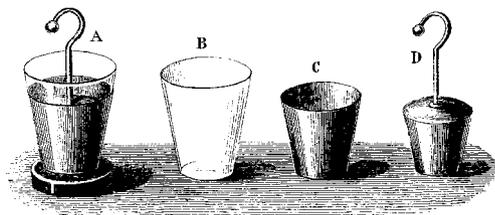
214 BOUTEILLE DE FRANKLIN à armatures mobiles

Loi ou phénomène ➤ Les charges électriques du condensateur se trouvent principalement sur la lame isolante.

Description ➤ Cet appareil se compose d'un grand vase conique (B) en verre, d'une armature extérieure (C) de fer blanc et d'une autre intérieure (D) de même matière supportant le crochet : le tout réuni forme une bouteille de Leyde.

Expérience ➤ Après l'avoir électrisée comme la bouteille ordinaire, on l'isole sur un «gâteau» de résine ; alors, avec la main, on enlève successivement l'armature intérieure, le vase de verre, puis l'armature extérieure et l'on dispose ces pièces les unes à côté des autres (B),(C),(D). Les deux armatures, par suite du contact avec la main de l'opérateur, ont été ramenées à l'état neutre.

Si on replace successivement sur le «gâteau» de résine, l'armature extérieure, le vase de verre dedans, puis l'armature intérieure, la bouteille de Leyde est alors reconstituée, et on peut en tirer une nouvelle étincelle, presque aussi forte que si l'on n'avait pas déchargé les deux armatures.



H : 29 - D : 9,5

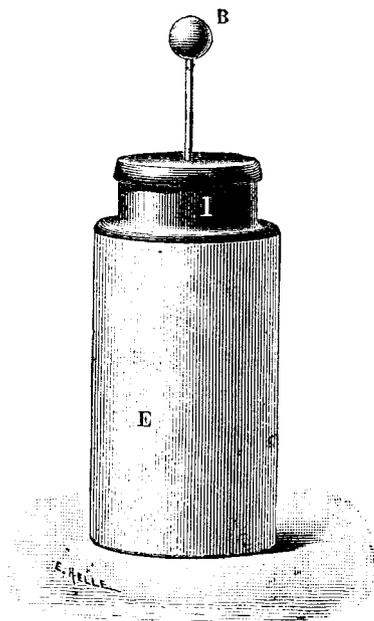
215 JARRE ÉLECTRIQUE

Fonction ➤ Accumuler séparément les deux sortes d'électricité (principe du condensateur).

Description ➤ C'est un flacon à large ouverture, sur la paroi interne duquel est collée une feuille d'étain qui sert d'armature intérieure.

La tige qui traverse le bouchon est droite ou recourbée ; elle est terminée d'un côté, par une boule appelée « bouton », et de l'autre, par une chaîne métallique ou un faisceau de fils de laiton qui la met en communication avec la feuille d'étain. L'armature extérieure est constituée par une feuille d'étain collée extérieurement sur le verre.

Mode opératoire ➤ Pour charger la jarre, on la tient à la main et l'on présente son « bouton » à l'un des pôles d'une machine électrostatique en fonctionnement.



H : 44 - D : 13

216 BATTERIE ÉLECTRIQUE

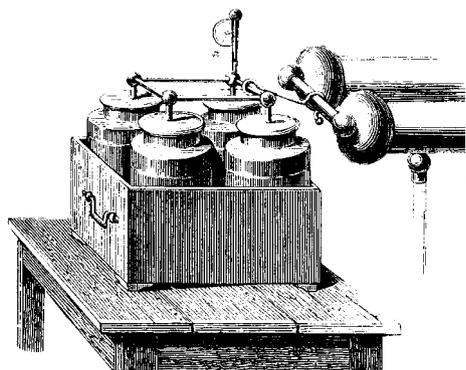
Fonction ➤ Obtenir des décharges électriques plus importantes par la réunion de plusieurs bouteilles de Leyde dont les capacités s'ajoutent.

Description ➤ Une «batterie électrique» est l'assemblage de plusieurs «jarres électriques» (voir n° 215) placées dans une caisse en bois. Elles communiquent ensemble intérieurement au moyen de tiges métalliques, et extérieurement par une feuille d'étain qui revêt le fond de la caisse et se trouve en contact avec les armatures extérieures des jarres. Cette feuille se prolonge latéralement jusqu'à la rencontre de deux poignées métalliques fixées sur les parois de la caisse.

Mode opératoire ➤ Pour charger la batterie on fait communiquer les armatures internes avec l'un des pôles d'une machine électrostatique, dont l'autre pôle est mis à la terre. Les armatures externes sont également mises à la terre, par l'intermédiaire d'une chaîne fixée à l'une des poignées de la caisse.

Un électromètre de Henley, placé sur l'une des jarres, indique la marche de l'opération :

l'aiguille tourne lentement et d'un petit nombre de degrés. En effet, la rotation n'est produite que par la différence de potentiel qui s'établit progressivement entre les armatures.



H : 86 - L : 44 - L : 44



Remarque

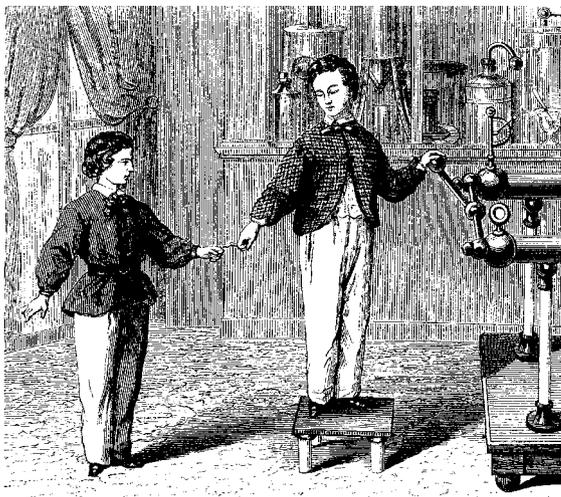
C'est avec une telle batterie qu'en 1746, à Versailles, devant le roi Louis XV entouré de ses courtisans, l'abbé NOLLET donna la commotion électrique à 180 gardes français se tenant par la main. Il récidiva, peu de temps après, avec les moines d'un couvent de chartreux qui formaient une file de trois kilomètres de long !

217 TABOURET ISOLANT DE MASCART

Loi ou phénomène ⚡ Isoler une personne pour pouvoir l'électriser et, par exemple, tirer des étincelles de son corps.

Description ⚡ Il est constitué d'un plateau en bois sous lequel sont fixés, grâce à des viroles en laiton, quatre pieds en verre.

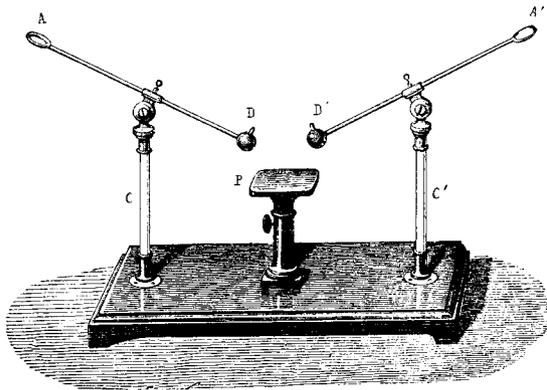
Expérience ⚡ Une personne monte sur le tabouret et pose sa main sur l'un des conducteurs de la machine électrique. Lorsqu'on fait tourner le plateau, le corps humain étant conducteur de l'électricité, la personne isolée se charge d'électricité comme les conducteurs, sans ressentir d'autre effet qu'un léger souffle sur le visage et les mains. Si on approche alors la main vers la personne qui est sur le tabouret, on en tire les mêmes étincelles que de la machine.



H : 17,5 - L : 40 - L : 30

218 EXCITATEUR UNIVERSEL

- Fonction** ✦ Faire circuler facilement le courant de décharge d'une batterie électrique à travers des corps solides de formes diverses.
- Description** ✦ Il se compose d'une petite caisse de bois portant deux colonnes verticales de verre sur lesquelles sont montées des tiges de laiton coulissantes. Entre elles se trouve un petit plateau, réglable en hauteur, monté sur pied de bois. Des accessoires de diverses formes peuvent être fixés aux extrémités des tiges de laiton : pointes, boules, plateaux...
- Mode opératoire** ✦ On place sur le petit plateau l'objet sur lequel on veut expérimenter. Les deux tiges de laiton étant dirigées vers cet objet, on met en contact l'une d'elles avec l'armature extérieure de la batterie, et l'autre avec l'armature intérieure : une étincelle jaillit entre les deux branches de l'excitateur universel et traverse l'objet placé sur le plateau.



H : 40 - L : 38 - L : 13

219

ŒUF ÉLECTRIQUE

Loi ou phénomène ↪ Effet lumineux des décharges électriques.

Description ↪ Il s'agit d'un vase de verre ellipsoïdal, mastiqué dans des montures métalliques. La monture supérieure laisse passer, à frottement dur, une tige de métal terminée à l'intérieur de l'œuf par une boule ; la monture inférieure porte également une tige métallique terminée par une sphère. Un canal, pratiqué dans la monture inférieure et muni d'un robinet permet de raréfier le gaz que contient l'appareil.

Expérience ↪ On dévisse le pied de l'œuf et on branche celui-ci sur le conduit d'une machine pneumatique de façon à raréfier l'air qu'il contient à une pression de 1 à 2 mm de mercure.

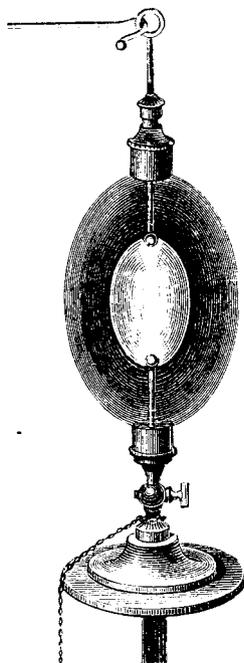
On fait communiquer la tige supérieure avec une machine électrique qui fournit de l'électricité positive, le pied avec le sol : on

observe, d'une boule à l'autre, une lumière pourpre peu intense et continue ; l'éclat augmente vers les extrémités, surtout vers la boule positive ; la boule négative ainsi que la tige sont entourées d'une lumière violacée.

Si on laisse rentrer l'air peu à peu, la lumière redevient blanche et brillante, et finit par se réduire à la forme d'étincelle.

La lueur qui semble partir du pôle positif est rose dans l'air raréfié, elle est blanche si l'œuf renferme du dioxyde de carbone et bleu violacé avec l'hydrogène.

Dans un gaz plus raréfié apparaissent les décharges dites stratifiées, formées de bandes alternativement brillantes et obscures.



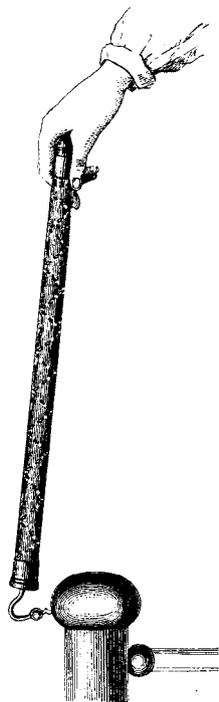
H : 44 - D : 10,5 - D' : 14

220 TUBE ÉTINCELANT

Loi ou phénomène ✦ Décharge électrique entre deux corps.

Description ✦ C'est un tube de verre garni, à ses deux extrémités, de montures métalliques. Sur la surface intérieure de ce tube on a collé de petits losanges de clinquant dont les pointes sont en regard les unes des autres et dont l'ensemble forme une spirale : les deux losanges extrêmes communiquent directement avec les montures métalliques.

Expérience ✦ Si l'on fait communiquer l'une des montures avec le sol et qu'on approche l'autre du pôle conducteur d'une machine électrostatique, on voit, à chaque décharge, le tube sillonné dans toute sa longueur par des étincelles qui jaillissent simultanément dans tous les intervalles compris entre les pointes de deux losanges consécutifs.



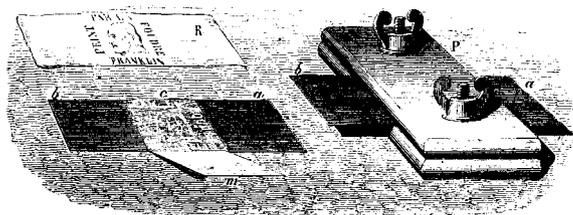
H : 53 - D : 2,5

221 PORTRAIT DE FRANKLIN

Loi ou phénomène ⚡ Fusion et volatilisation de métaux par une décharge électrique.

Description ⚡ Une feuille de carton mince est taillée comme on le voit en (abm). On découpe à jour, en son milieu, le portrait qu'on veut reproduire (ordinairement c'est le portrait de Franklin). On colle sur ses deux extrémités deux bandes d'étain (a) et (b).

Expérience ⚡ Sur la découpe on pose une mince feuille d'or en ayant soin qu'elle déborde sur les deux feuilles d'étain. On rabat la portion (m) du carton sur la feuille d'or, on place le tout sur une étoffe de soie blanche (ou du papier) dans une presse de bois (P). On fait alors passer de (a) en (b) la décharge d'une batterie de bouteilles de Leyde. L'or est volatilisé et va former sur la soie, à travers la découpeure un dépôt brun qui en reproduit le dessin.



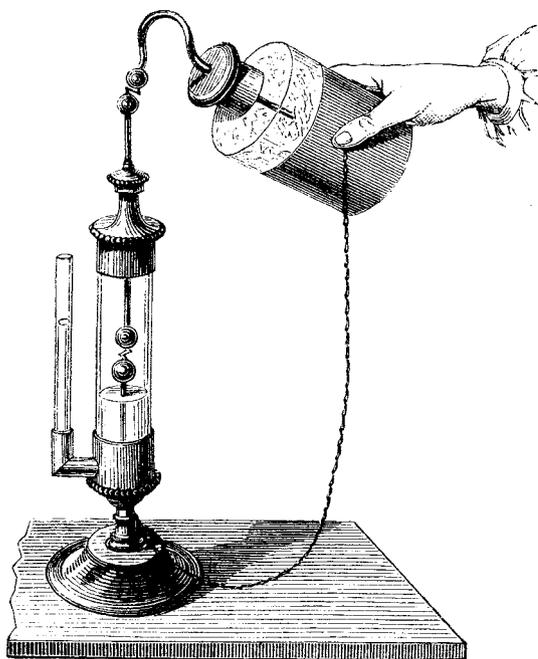
L : 10 - L : 9

222 THERMOMÈTRE DE KINNERSLEY

Loi ou phénomène ✦ Effet mécanique des décharges électriques.

Description ✦ Il se compose d'un fort tube de verre. A ses deux extrémités sont fixées hermétiquement des garnitures de laiton qui supportent deux conducteurs terminés en boule, l'un fixe, l'autre glissant dans une boîte à cuir. Latéralement se trouve un second tube ouvert à sa partie supérieure.

Expérience ✦ Ayant dévissé la boîte à cuir, on verse de l'eau dans le gros tube jusqu'à ce que le niveau se trouve un peu en dessous de la boule inférieure. On serre la boîte à cuir et on fait passer la décharge d'une bouteille de Leyde entre les deux boules. L'eau, instantanément refoulée hors du gros tube, s'élève de quelques centimètres dans le petit ; mais le niveau se rétablit aussitôt, ce qui montre que le phénomène n'est pas dû à une élévation de température et donc que la dénomination de thermomètre donnée à l'appareil est impropre.



H : 28,5 - L : 7 - D : 5,5 - D' : 8,5

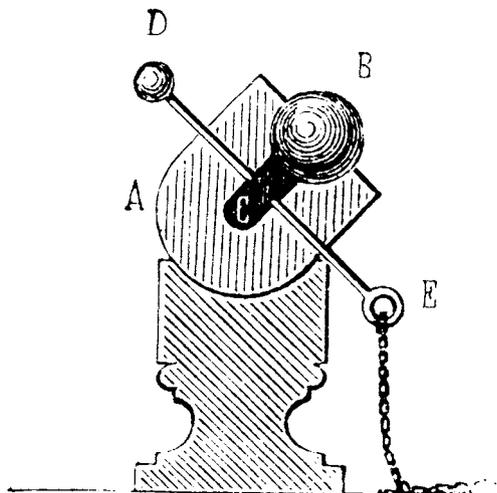
223 MORTIER ÉLECTRIQUE

Loi ou phénomène ↪ Effet mécanique des décharges électriques.

Description ↪ Il est constitué d'un petit mortier d'ivoire (A), sur l'ouverture duquel est placé un petit boulet métallique (B).

Deux pointes métalliques (D) et (E) traversant le mortier sont terminées par des boules conductrices.

Expérience ↪ On relie les boules conductrices aux deux pôles d'une bouteille de Leyde. L'arc qui se produit dans la cavité (C) échauffe brusquement l'air. La dilatation brutale de l'air propulse le boulet.



H : 10 - D : 5 - D' : 3,5

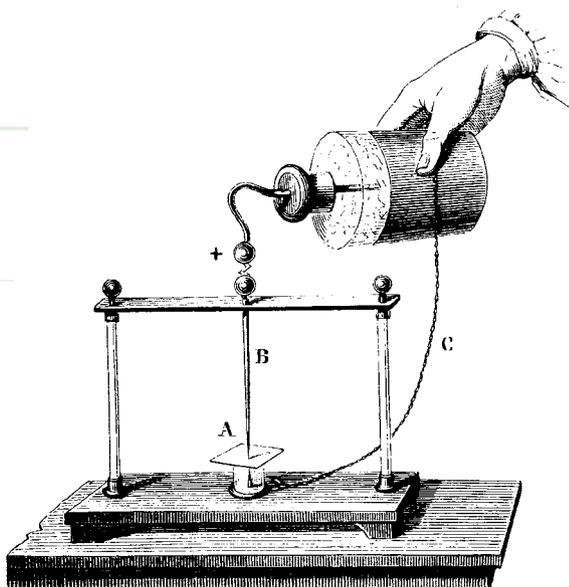
224 PERCE-VERRE ou PERCE-CARTE

Loi ou phénomène ⚡ Effet mécanique des décharges électriques.

Description ⚡ L'appareil se compose de deux colonnes de verre verticales qui supportent, au moyen d'une traverse horizontale, un conducteur (B), terminé en pointe. La lame de verre, ou la feuille de carton (A), qu'il s'agit de percer, repose sur un cylindre de verre, dans lequel se trouve un second conducteur, également terminé en pointe.

Expérience ⚡ Par l'intermédiaire d'une chaîne métallique (C), on relie électriquement le second conducteur à l'armature extérieure d'une bouteille de Leyde de grande capacité. On approche le crochet de la bouteille du bouton qui termine le conducteur (B) : l'étincelle éclate alors entre les deux conducteurs et le verre ou le carton est percé.

Si la lame de verre est épaisse on ne réussit à la percer qu'avec la décharge d'une batterie.



H : 19,5 - L : 18,5 - L : 9

225 PISTOLET DE VOLTA

Loi ou phénomène ↪ Effet chimique des décharges électriques.

Description ↪ Il se compose d'un flacon métallique dont on peut fermer le goulot par un bouchon de liège. Sur la paroi latérale se trouve une tubulure dans laquelle passe une tige métallique terminée par deux petites boules (A) et (B), et fixée hermétiquement dans un tube de verre, l'isolant ainsi du reste de l'appareil.

Expérience ↪ On introduit dans le flacon un mélange détonant formé de deux volumes d'hydrogène et d'un volume d'oxygène, puis on le ferme hermétiquement avec le bouchon de liège.

Tenant le flacon à la main, on l'approche de la machine électrique. Il jaillit à la fois une étincelle entre la machine et la boule (A), et une autre étincelle entre la boule (B) et la paroi du flacon. C'est cette dernière étincelle qui provoque la combinaison des deux gaz.

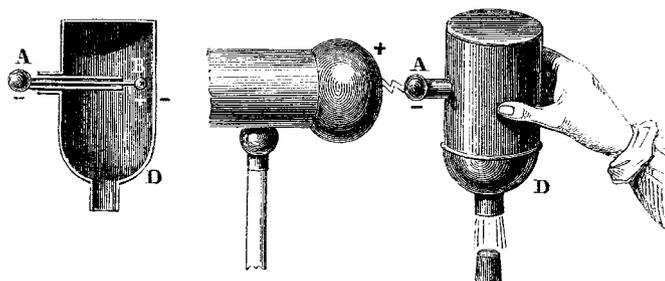
La force élastique acquise par la vapeur d'eau formée à la température élevée atteinte alors, projette brusquement le bouchon dans l'air avec une détonation semblable à celle d'un coup de pistolet.



H : 16,5 - L : 13,5 - D : 8,5
(CHASSEUR)
H : 19,5 - D : 6,5
(CIBLE)



H : 12,5 - D : 5,5



226

EUDIOMÈTRE À MERCURE

Fonction ➤ Sert à déterminer les quantités relatives d'oxygène et d'azote qui entrent dans la composition de l'air atmosphérique.

Description ➤ Il se compose d'un tube de cristal gradué, et dont l'extrémité supérieure est traversée par une petite tige de fer ou de platine (T) terminée par deux boutons du même métal. L'extrémité inférieure est ouverte et livre passage à un fil de fer (F) contourné en spirale et terminé par une boule. La tige supérieure (T) sert à transmettre dans l'intérieur de l'appareil l'étincelle électrique d'une bouteille de Leyde ou d'un électrophore ; la boule que porte le fil (F), et qui ne doit être distante que de quelques millimètres du bouton inférieur de la tige (T), reçoit cette étincelle, dont le passage à travers le mélange gazeux détermine l'explosion.

Mode opératoire ➤ On introduit dans l'eudiomètre, reposant sur une cuve à mercure, un mélange de 100 volumes d'air et de 100 volumes d'hydrogène pur. On approche du bouton supérieur de l'eudiomètre une bouteille de Leyde ou le plateau d'un électrophore, et on fait ainsi passer une étincelle à travers le mélange. L'explosion se produit à l'instant avec dégagement d'une lueur très vive, puis on voit le mercure s'élever dans l'appareil pour remplir le vide formé.

Si on mesure alors le gaz qui reste dans l'eudiomètre, on ne trouve plus que 137 volumes au lieu de 200 : 63 volumes du mélange ont donc été absorbés. Or, on sait que l'hydrogène et l'oxygène, en se combinant pour former de l'eau, s'unissent dans le rapport, en volume, de 2 d'hydrogène et de 1 d'oxygène. Par conséquent, le tiers des 63 volumes du mélange qui ont disparu pendant l'explosion représente la quantité d'oxygène qui se trouvait dans les 100 volumes d'air introduit dans l'eudiomètre. L'air soumis à l'expérience était donc formé en volume de 21 pour 100 d'oxygène.



L : 25,5 - D : 4

227 PARATONNERRE DE FRANKLIN

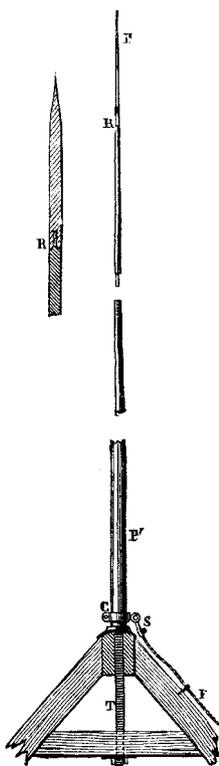
Fonction ➤ Décharger les nuages orageux de leur électricité.

Description ➤ Il se compose essentiellement d'une tige pointue placée sur un édifice à protéger et reliée au sol.

Sur sa plus grande longueur la tige qui mesure 5 à 10m est en fer ; elle se termine à sa partie supérieure par une pointe en cuivre. La partie inférieure de cette tige est engagée dans les pièces de la charpente du bâtiment que l'on veut protéger. D'un collier (C) fixé au bas de la tige part une barre de fer (SF), de 2 cm de côté, qui descend le long du toit et des murs du bâtiment atteindre le sol où elle est reliée à une large plaque métallique enterrée dans un milieu humide.

Mode opératoire ➤ Si un nuage orageux, chargé positivement, par exemple, passe au dessus du paratonnerre, il agit par influence sur celui-ci ; l'électricité négative afflue alors vers la pointe, s'en échappe de façon continue et neutralise peu à peu le nuage. Le potentiel s'égalise progressivement entre le nuage et le sol, et toute étincelle devient impossible entre eux. Le paratonnerre exerce, par conséquent un effet préventif contre la foudre.

Cependant, il se peut que l'arrivée de l'orage soit trop soudaine pour que cet effet soit tout à fait efficace : dans ce cas l'étincelle éclatera malgré la pointe ; mais la décharge frappera de préférence le paratonnerre, qui est la partie la plus exposée de l'édifice, et l'électricité s'écoulera dans le sol par le câble, sans causer de grands dommages.



H : 138 - L : 49 - L : 37
(H : 54 POINTE)

228

ELECTROMÈTRE DE SAUSSURE

Fonction ✦ Mesurer le potentiel électrique de l'air.

Description ✦ Il s'agit d'un électroscope, de section carrée, à feuilles d'étain dont la boule est remplacée par une longue tige de laiton terminée en pointe. Un arc gradué est gravé sur l'une des faces.

Mode opératoire ✦ L'électromètre, situé en un lieu découvert, est initialement non chargé. On l'élève de quelques décimètres : on observe alors que les feuilles divergent. L'écart des feuilles mesuré sur l'arc gradué indique le potentiel électrique de l'air à l'extrémité de la pointe. Par un temps serein, l'électricité atmosphérique est toujours positive et le potentiel électrique augmente proportionnellement à la hauteur au-dessus du sol. Par temps couvert, l'atmosphère s'électrise souvent négativement.



H : 33 - L : 7 - L : 7 - D : 11,5 (DISQUE)



Remarque

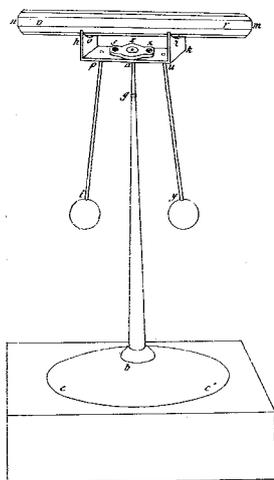
De Saussure raconte dans ses «Voyages dans les Alpes» comment «Monsieur le Chevalier Volta» lui a suggéré un perfectionnement de l'électromètre qu'il utilise dans ses ascensions pour mesurer l'électricité atmosphérique. Saussure gravit le Mont-Blanc en 1787 et réalisa à son sommet, des expériences pendant plus de trois heures !

229 AIGUILLE ÉLECTRIQUE D'HAÛY

Fonction ↪ Reconnaître la nature de l'électricité des corps chargés.

Description ↪ Il s'agit d'une aiguille en équilibre sur un pivot portant à l'une de ses extrémités une boule métallique et à l'autre une lame de spath d'Islande.

Mode opératoire ↪ On électrise positivement la lame de spath d'Islande par la pression des doigts. On peut ensuite reconnaître facilement la nature de l'électricité des corps qu'on approche (deux charges de mêmes signes se repoussent, deux charges de signes contraires s'attirent).



H : 9 - D : 3

230 PLUMEAU ÉLECTRIQUE

L : 102



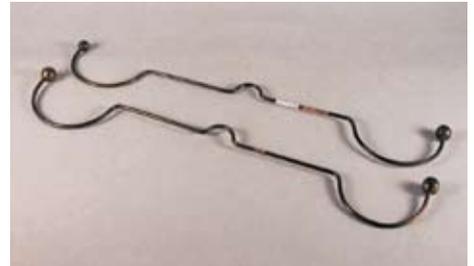
231 PLAQUE ÉBONITE
avec manche

L : 25 - L : 8



232 TIGES RECOURBÉES

L : 65,5 - L : 10,5



233 CÔNE

H : 43 - D : 14



234 TIGE AVEC POINTES

L : 25

235 SUPPORT ISOLANT

L : 23

236 DISQUES
AVEC
MANCHES
ISOLANTS



ÉLECTRICITÉ DYNAMIQUE



L'électricité dynamique étudie les courants électriques, on l'appelle aussi électrocinétique.

En 1800, suite aux travaux de Galvani, Volta invente la pile qui inaugure la science du courant électrique. La même année, grâce à la pile, Nicholson et Carlisle décomposent l'eau par électrolyse.

En 1820, Ørsted établit des liens entre électricité et magnétisme et se trouve ainsi, avec Faraday qui découvre les phénomènes d'induction, à l'origine de l'électromagnétisme.

Autant l'électricité statique avait mené à une certaine impasse, autant l'électricité dynamique, pour laquelle de nombreuses découvertes se succèdent, va faire avancer la Science avec des noms désormais célèbres : Ohm, Pouillet, Ampère, Arago, Edison, Maxwell... et contribuer à la révolution industrielle du XIX^{ème} siècle.

C'est surtout par une de ses branches, l'électronique, et de ses applications, notamment à l'informatique et aux communications que l'électricité a fait ces dernières années les plus spectaculaires progrès et a entraîné en un siècle des bouleversements plus profonds que ceux réalisés durant les millénaires précédents.

237

PILE À COLONNE OU PILE DE VOLTA

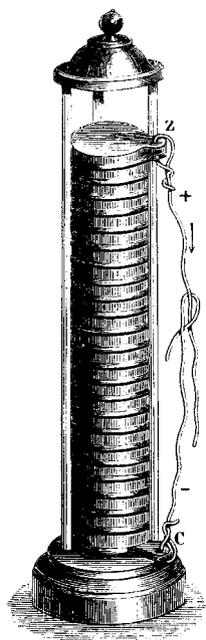
Fonction ➤ Délivrer un courant électrique.

Description ➤ Elle se compose d'une suite de disques empilés les uns sur les autres dans l'ordre suivant : un disque de cuivre, un disque de zinc, une rondelle de feutre, et ainsi de suite, toujours dans le même ordre.

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

L'ensemble des disques et rondelles est maintenu par des colonnes de verre sur un pied de bois isolant.

Mode opératoire ➤ On attache aux disques extrêmes des fils métalliques : le pôle négatif est au *cuivre* inférieur, et le pôle positif est au *zinc* supérieur. Il suffit d'établir un circuit électrique fermé entre les deux pôles pour obtenir un courant électrique.



H : 39 - L : 12



Remarque

Volta comblé d'honneurs : en 1801, Volta fait une démonstration de ses expériences à l'Académie des Sciences, devant Bonaparte. Enthousiasmé par cette découverte, le premier consul lui décerne la médaille d'or de l'Institut et lui attribue une somme de six mille francs. En 1805, le premier consul, devenu Empereur lui décerne 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»*

238

PILE DE GRENET ou pile au dichromate de potassium

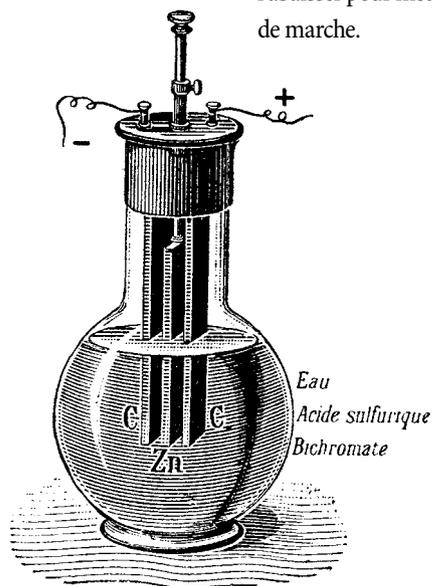
Fonction ✦ Générer des courants électriques.

Description ✦ Il s'agit d'une bouteille de forme sphérique, contenant un liquide, mélange d'une solution de dichromate de potassium et d'acide sulfurique.

Le pôle positif est constitué par deux plaques en charbon plongeant dans le liquide et fixées sur le couvercle en ébonite.

Le pôle négatif est formé par une lame de zinc mobile, placée entre les deux plaques de charbon.

Mode opératoire ✦ À l'arrêt, la lame de zinc est au dessus du liquide, il suffit de l'abaisser pour mettre la pile en état de marche.



H : 32 - D : 14 - D' : 7

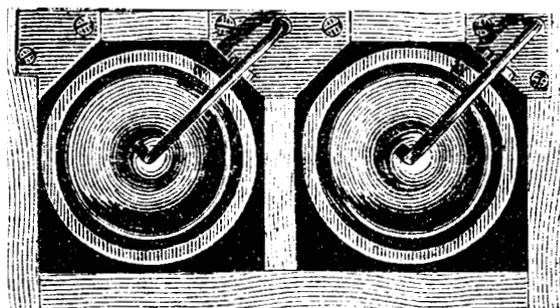


Remarque

La force électromotrice de cette pile est de 1,8 à 2 volts.

239 PILE AU SULFATE DE MERCURE

- Fonction ✦ Délivrer une tension continue notamment pour les appareils électro-médicaux.
- Description ✦ Elle est constituée par de petits godets en charbon à gaz renfermant une bouillie de sel mercurique au milieu de laquelle plongent des disques épais de zinc.
- Mode opératoire ✦ Il suffit de relier l'appareil que l'on souhaite alimenter au pôle (+) constitué par le charbon et au pôle (-) constitué par le zinc.



H : 7 - D : 4

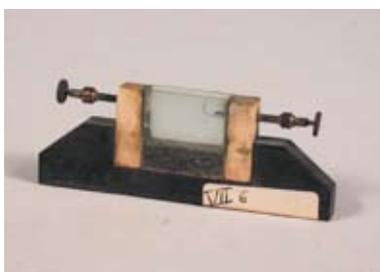
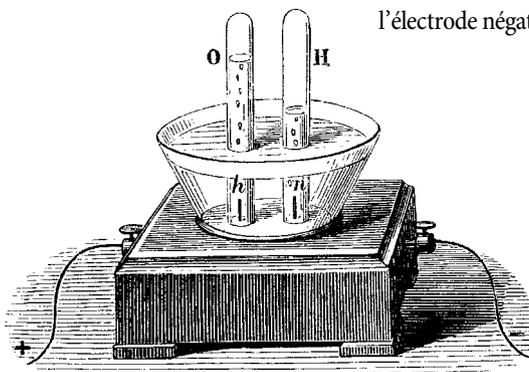
240 VOLTAMÈTRE À ÉLECTRODES DE PLATINE

Loi ou phénomène ↪ Notamment décomposition de l'eau en oxygène et en hydrogène.

Description ↪ Il se compose d'un vase en verre dans le pied duquel passent, deux fils de platine reliés à deux bornes extérieures.

Expérience ↪ On remplit le vase avec de l'eau additionnée d'acide sulfurique et l'on place verticalement au dessus des fils de platine deux éprouvettes graduées, renversées, pleines d'eau acidulée.

Si on relie les bornes du voltamètre à celles d'une pile, des bulles de gaz se forment sur les électrodes et l'on recueille un volume d'oxygène dans l'éprouvette qui recouvre l'électrode positive et un volume double d'hydrogène dans celle qui est au dessus de l'électrode négative.



H : 13 - L : 10 - L : 10



Remarque

Cette électrolyse réalisée par Carlisle et Nicholson en 1800 est la première d'une multitude d'autres qui permirent de décomposer aussi des acides, des sels, des oxydes. C'est Davy, chimiste anglais, qui, au commencement du XIX^{ème} siècle décomposa la potasse, la soude, la baryte, la chaux, la magnésie etc... Il montra ainsi que ces substances, qu'on considérait comme simples, étaient toutes composées d'oxygène et de métaux auxquels on a donné les noms de potassium, sodium, baryum, calcium, magnésium.

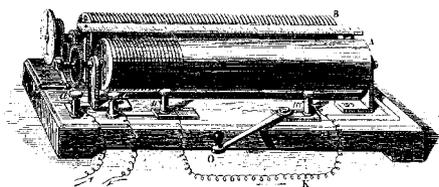
241 RHÉOSTAT DE WHEATSTONE

Fonction ➤ Sert à régler l'intensité des courants, en modifiant la résistance du circuit. Associé à un galvanomètre, permet de mesurer des résistances.

Description ➤ Il se compose d'un cylindre de laiton (A) et, à côté, d'une vis de bois (B) dont le pas est de 1mm. Un fil fin de laiton, fixé d'un bout à l'extrémité du cylindre (A), s'enroule en partie sur celui-ci, puis passe par la vis de bois autour de laquelle il s'enroule jusqu'en (B). Cette autre extrémité du fil est mise en communication avec la borne (m). Grâce à un système d'engrenage on peut faire tourner le cylindre (A) et la vis (B) dans le même sens, avec une vitesse égale, ce qui permet au fil de se dérouler du cylindre sur la vis ou réciproquement. Une échelle horizontale donne le nombre de tours tandis qu'une aiguille fixée à l'axe de la vis donne les fractions de tour, ce qui permet de connaître la longueur de fil enroulé sur la vis. Enfin, une pièce mobile (o) sert à établir ou interrompre la communication entre les bornes (m) et (n).

Mode opératoire ➤ Le courant, entrant dans l'appareil par la borne (a), gagne le cylindre (A), dans lequel il circule sans résistance jusqu'au point où le fil passe sur la vis de bois. Parcourant le fil des spires de cette vis jusqu'en (B), le courant rencontre une résistance d'autant plus grande, que le fil est plus fin et plus long. Le courant arrive à la borne (m), et de là, quand la pièce (o) est en contact avec la borne (n), il revient par la borne (C) à la pile de laquelle il est parti.

Supposons maintenant qu'à la sortie du rhéostat le courant passe dans un galvanomètre et y produise une déviation de 60 degrés. Si l'on ouvre la pièce (o), et qu'on lui substitue un conducteur (K) dont on veut déterminer la résistance, le circuit étant alors modifié, le galvanomètre accuse une déviation, soit par exemple 50 degrés. En enroulant le fil lentement sur le cylindre (A), la résistance diminue sur la vis, et bientôt le galvanomètre marque de nouveau 60 degrés. Si la longueur du fil a été diminuée de 2 mètres par exemple, on en conclut que 2m du fil fin de l'appareil offrent la même résistance que le conducteur (K) introduit dans le circuit. D'où l'on voit comment le rhéostat donne le moyen de mesurer les résistances relatives de divers circuits.



H : 16 - L : 30 - L : 22

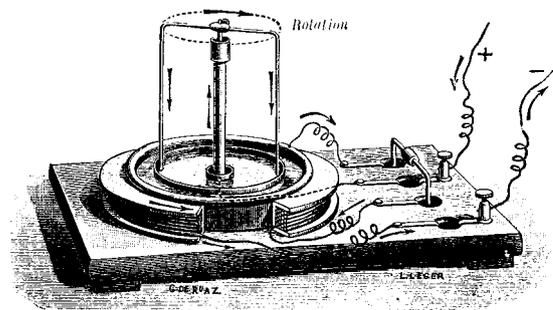
242 TABLE D'AMPÈRE MODIFIÉE BERTIN

Loi ou phénomène ↗ Rotation d'un fil vertical parcouru par un courant sous l'influence d'un courant circulaire horizontal.

Description ↗ L'appareil comporte un vase de cuivre autour duquel s'enroule un certain nombre de spires d'un fil de cuivre entouré de soie et parcouru par un courant. L'ensemble est fixé sur une table de bois.

Au centre, isolée du vase se trouve une colonne de laiton, terminée par une capsule qui contient du mercure. Dans celui-ci plonge un pivot supportant un fil de cuivre (bb), recourbé à ses extrémités en deux branches verticales qui vont se souder à un anneau très léger de cuivre, plongeant dans de l'eau acidulée contenue dans le vase inférieur.

Expérience ↗ On branche une pile aux bornes (m) et (n) de la table. Le courant arrivant par la lame (A), gagne par en dessous, la partie inférieure de la colonne. Montant dans cette colonne, il passe dans les fils (bb) et par l'anneau de cuivre, dans l'eau acidulée. Il passe ensuite par les parois du vase et sort par la lame (B). En passant par la lame (C), après avoir fait plusieurs tours autour du vase, il sort par la lame (D) et revient à la pile par le fil (n). Le circuit étant fermé, l'équipage (bb) et l'anneau se mettent à tourner en sens contraire du courant fixe.



H : 16 - L : 47 - l : 30 - D : 00

constructeur
E. DUCRETET & CIE À PARIS

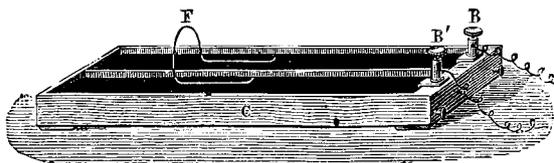
243

CUVE D'AMPÈRE à deux compartiments parallèles

Loi ou phénomène ➤ Dans un courant rectiligne, deux éléments consécutifs se repoussent.

Description ➤ Il s'agit d'une petite caisse rectangulaire en bois (C), divisée en deux compartiments par une cloison. On place du mercure dans chacun des compartiments et on les fait communiquer l'un avec l'autre par un fil de laiton (F) reposant sur le mercure et recourbé au dessus de la cloison.

Expérience ➤ On met les deux pôles d'une pile en communication avec les deux compartiments, on voit le conducteur mobile (F) repoussé vers le fond de la caisse.



H : 5 - L : 28 - L : 10



Remarque

On pourrait objecter que le courant fixe agit non seulement sur les branches rectilignes mais encore sur l'arc du conducteur (F) et que cette dernière action est répulsive d'après les expériences sur les courants angulaires, ce qui suffirait à expliquer le mouvement observé.

244 APPAREIL D'ØERSTED

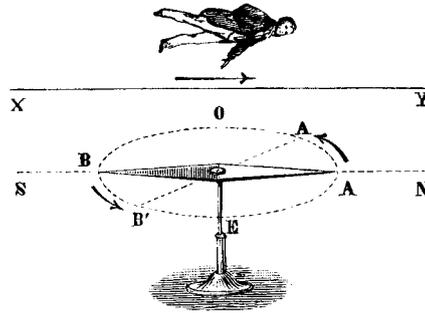
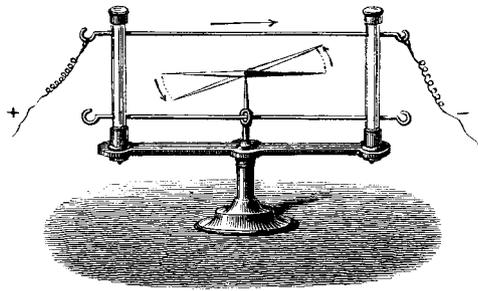
Loi ou phénomène ↗ Le courant électrique agit sur les aimants placés dans son voisinage.

Description ↗ Il s'agit d'un fil en cuivre placé au dessus d'une aiguille aimantée mobile sur un pivot.

Expérience ↗ On tourne l'appareil jusqu'à ce que le fil soit parallèle à l'aiguille aimantée c'est-à-dire soit dans le plan du méridien magnétique.

On fait passer le courant dans le fil et aussitôt l'aiguille dévie par rapport à sa position d'équilibre et ce d'autant plus que le courant est intense.

Si on change le sens du courant, l'aiguille dévie en sens inverse.



H : 15 - L : 40 - L : 7



Remarques

- Schweigger eut l'idée de rendre le système précédent plus sensible en plaçant l'aiguille aimantée au centre d'un cadre formé de plusieurs tours de fil de cuivre. En effet l'angle de rotation de l'aiguille est d'autant plus grand qu'il y a de tours de fil. L'appareil reçut le nom de multiplicateur ou galvanomètre (voir n° 247).

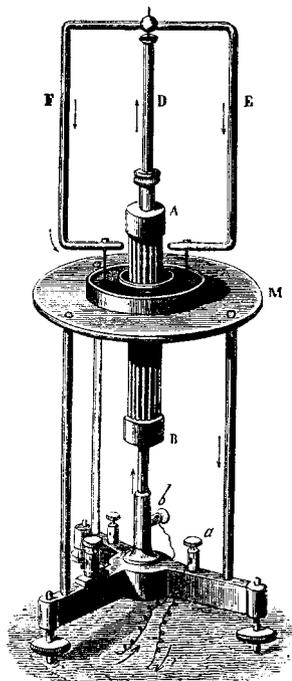
- Dès que l'expérience d'Øersted fut connue en France, le physicien français Ampère énonça la loi dite «règle du bonhomme d'Ampère» : *un bonhomme, couché le long d'un fil, traversé par un courant circulant des pieds vers la tête, regardant le point où on veut connaître le sens du champ, voit le vecteur champ magnétique donné par son bras gauche tendu horizontalement.*

245 APPAREIL DE JAMIN (rotation des courants)

Loi ou phénomène ➤ Action mécanique des courants sur les aimants entraînant la rotation.

Description ➤ Sur un pied à vis calantes est fixée une colonne de cuivre (bd), isolée par un contact d'ivoire. Le long de cette colonne peut se déplacer un faisceau de barreaux aimantés (AB). En haut de la colonne se trouve un godet contenant du mercure dans lequel plonge une pointe d'acier. A celle-ci est fixé un circuit (EF) en cuivre, dont les extrémités portent des pointes d'acier qui plongent dans un réservoir plein de mercure.

Expérience ➤ On connecte une pile aux bornes (a) et (b). Le circuit est constitué de la colonne (D), des deux branches (E) et (F), des pointes d'acier, du mercure et du support de laiton. Si on soulève alors le faisceau aimanté, comme le montre le dessin, le circuit mobile (EF) prend un mouvement de rotation rapide dans un sens ou dans l'autre, suivant qu'il est soumis à l'action du pôle Nord ou du pôle Sud de l'aimant.



H : 44 - D : 16

constructeur
E. DUCRETET & CIE À PARIS

246 ÉLECTRO-AIMANT EN FER À CHEVAL

Loi ou phénomène ➤ Aimantation temporaire d'un barreau de fer doux par une bobine traversée par un courant.

Description ➤ Sur un barreau de fer doux en forme de fer à cheval est enroulé un fil en deux bobines (A) et (B). Les enroulements sont faits de façon à former aux extrémités du barreau deux pôles opposés.

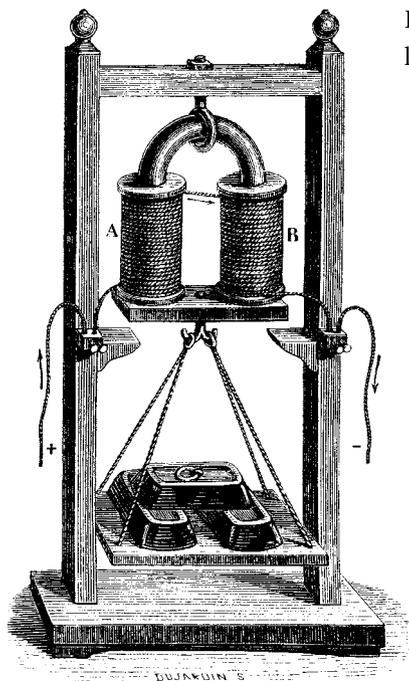
Sur certains modèles, au lieu de courber une barre en forme de fer à cheval, on réunit par une traverse de fer doux deux barreaux placés parallèlement.

Expérience ➤ On branche une pile aux bornes de l'ensemble des bobines, l'aimantation se développe instantanément dans le barreau et attire une armature de fer doux permettant, par exemple, de soulever une masse.

Dès que le courant est interrompu l'aimantation cesse immédiatement.



H : 87 - L : 39 - L : 20



247

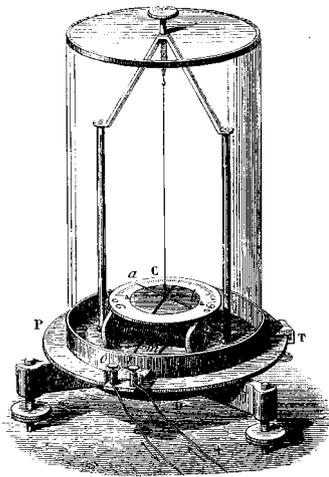
GALVANOMÈTRE ou MULTIPLICATEUR DE NOBILI

Fonction ➤ Déceler la présence d'un courant même très faible, trouver son sens, mesurer son intensité.

Description ➤ Le dispositif est constitué d'un cadre rectangulaire, vertical, formé de plusieurs tours de fil. Deux aiguilles aimantées, ayant leurs «pôles contraires» en regard, sont suspendues au moyen d'un fil, l'une au dessus du cadre, l'autre à l'intérieur. Ces deux aiguilles sont solidaires dans leur mouvement, car réunies par un fil en cuivre. Ce système de deux aiguilles aimantées, imaginé par Nobili, appelé système astatique, réduit l'action du champ magnétique terrestre autant qu'on le souhaite.

Au dessous de l'aiguille supérieure se trouve un cadran gradué en degrés. L'ensemble est protégé des courants d'air par une cloche en verre. Lorsqu'un courant circule dans l'appareil, le système des deux aiguilles subit une déviation.

Mode opératoire ➤ L'angle dont le système des aiguilles tourne, sert à mesurer l'intensité du courant qui traverse le cadre de l'appareil. Jusqu'à 20°, cet angle est proportionnel à l'intensité. Au-delà on se sert de tables de conversion.



GALVANOMÈTRE PROJETABLE (VOIR N° 167)
H : 28 - D : 12



H : 28 - L : 19 - L : 17 - D : 13

constructeur

J. & A. DUBOSCQ À PARIS N°41

248

GALVANOMÈTRE DEPREZ D'ARSONVAL

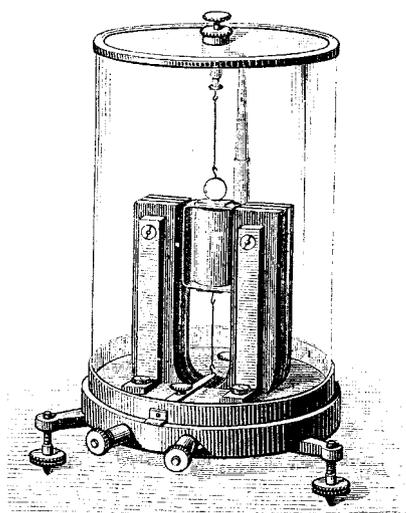
Fonction ↪ Mesurer les intensités des courants.

Description ↪ Il comporte une bobine formant un cadre qui fonctionne comme un multiplicateur. Ce cadre est mobile autour d'un axe formé par deux fils métalliques tendus verticalement dans le prolongement l'un de l'autre qui alimentent la bobine. Le cadre est placé entre les branches d'un aimant fixe, en forme de fer à cheval : à l'intérieur du cadre on trouve un cylindre creux de fer doux. Un petit miroir est solidaire du cadre.

Mode opératoire ↪ Lorsqu'il n'est pas en expérience, l'appareil est réglé de façon que la torsion du fil métallique place le plan du cadre dans le plan de l'aimant fixe.

Lorsqu'on fait passer un courant dans l'appareil, le cadre tourne d'un certain angle, dans un sens ou dans l'autre, en fonction du sens du courant, et tend à se placer perpendiculairement aux lignes de force du champ. A mesure que la déviation augmente, la torsion du fil arrive à équilibrer les actions électromagnétiques. L'intensité du courant est sensiblement proportionnelle à la déviation.

On mesure l'angle de déviation par la méthode optique, au moyen du petit miroir.



H : 30 - D : 17



Remarque

Une des propriétés caractéristiques de ce galvanomètre est de prendre immédiatement sa position d'équilibre.

constructeur
J. CARPENTIER
INGÉNIEUR CONSTRUCTEUR
PARIS

249 VOLTMÈTRE et AMPÈREMÈTRE APÉRIODIQUES dits «à courant mobile»

Fonction ➤ Pour les ampèremètres mesurer des intensités de courants continus.
Pour les voltmètres mesurer des tensions continues aux bornes de dipôles.

Description ➤ L'ampèremètre se compose d'un aimant circulaire (A) entre les pôles duquel se trouve une boule de fer doux (F) entourée d'une bobine (B) ; celle-ci communique avec les bornes de l'appareil entre lesquelles est placé, en dérivation, un shunt : il ne passe donc dans la bobine qu'une fraction du courant à mesurer.

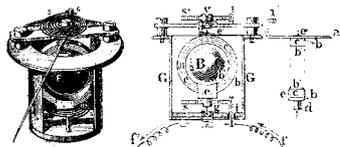
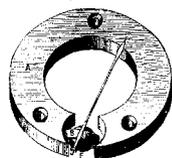
Cette bobine porte une aiguille mobile devant un cadran.

Deux ressorts spiraux (s) et (s') équilibrent l'action électromagnétique.

Le voltmètre est du même type mais il présente une très grande résistance.

Mode opératoire ➤ L'ampèremètre se branche en série dans le circuit.

Le voltmètre se branche en dérivation aux bornes des dipôles.



H : 60 - L : 36 - L : 24
MILLIAMPÈREMÈTRE -50, +50 MA

constructeur
CHAUVIN & ARNOUX
INGÉNIEURS CONSTRUCTEURS
PARIS

250

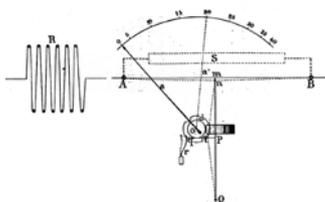
VOLTMÈTRE et AMPÈREMÈTRE THERMIQUES dits «à système calorique à compensation»

Fonction ✦ Pour les ampèremètres mesurer des intensités de courants continus ou alternatifs.
Pour les voltmètres mesurer des tensions continues ou alternatives aux bornes de dipôles.

Description ✦ Un fil en alliage platine-argent est tendu entre deux bornes (A) et (B). De son milieu (m) part un deuxième fil en laiton dont l'extrémité du bas est fixée en (Q), et du milieu de celui-ci part un autre fil de soie (pq) qui s'enroule autour d'une petite poulie (o) et qui est tendu par un ressort (R). Une aiguille qui fait corps avec la poulie se déplace devant un cadran. Grâce à un shunt (S), seule une faible partie du courant total passe dans le fil (AB) qui se dilate et provoque une déviation importante de l'aiguille. Le voltmètre est à peu près identique à l'ampèremètre. Le fil (AB) est plus fin et le shunt (S) est remplacé par une grande résistance placée en série avec le fil.

Mode opératoire ✦ L'ampèremètre se branche en série dans le circuit.

Le voltmètre se branche en dérivation aux bornes des dipôles.



H : 6,5 - L : 22 - L : 22
MILLIAMPÈREMÈTRE 0, -10 MA
VOLTÈMÈTRE 0, 150 V

constructeur

CHAUVIN & ARNOUX
INGÉNIEURS CONSTRUCTEURS, PARIS



H : 6,5 - D : 13
VOLTÈMÈTRE 0 - 120 V

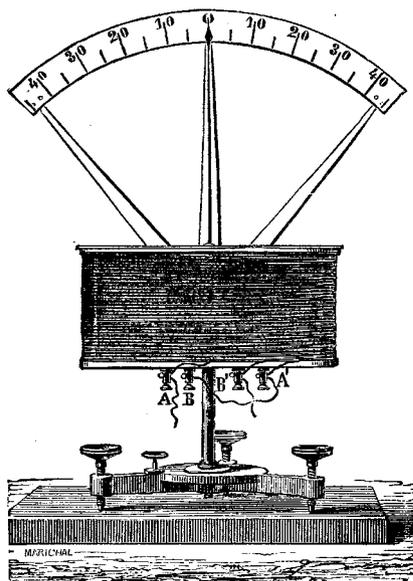
constructeur

J. CARPENTIER
INGÉNIEUR CONSTRUCTEUR
PARIS

251

GALVANOMÈTRE DE BOURBOUZE

- Fonction** ✦ Mesurer les intensités des courants (pour les cours publics).
- Description** ✦ Il comporte une aiguille aimantée qui oscille, à l'intérieur d'une bobine, sur un plan, à la façon d'un couteau de balance. Elle porte une longue aiguille qui se déplace sur un cercle gradué, à 0 central.
- Mode opératoire** ✦ Il suffit de l'intercaler dans un circuit pour connaître l'intensité et visualiser le sens du courant.



H : 55 - L : 41 - L : 5

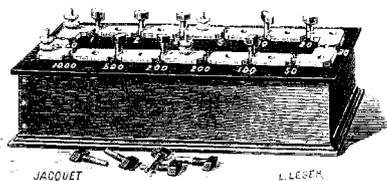
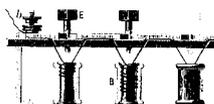
252 BOÎTE DE RÉSISTANCES (ohms légaux)

Fonction ➤ Réaliser toutes les valeurs entières de résistance de 1 à 10 000 ohms.

Description ➤ Chacune de ces résistances est formée d'un fil de maillechort enroulé sur une bobine après avoir été replié sur lui-même (dispositif qui a pour effet de réduire considérablement le phénomène d'auto-induction).

Les extrémités d'une même bobine aboutissent à deux pièces de cuivre fixées sur une plaque d'ébonite et laissant entre elles un intervalle que l'on peut boucher avec une cheville métallique. Toutes ces pièces sont placées les unes à la suite des autres ; les dernières portent des bornes auxquelles on attache les extrémités du fil qui amène le courant.

Mode opératoire ➤ Lorsque toutes les chevilles sont en place, tout le courant passe dans la barre formée par les pièces en contact dont la résistance est négligeable ; il suffit d'enlever une cheville pour introduire dans le circuit la résistance correspondante.



H : 18 - L : 34 - l : 17

constructeur
ATELIERS RUHKORFF - J. CARPENTIER
INGÉNIEUR CONSTRUCTEUR À PARIS

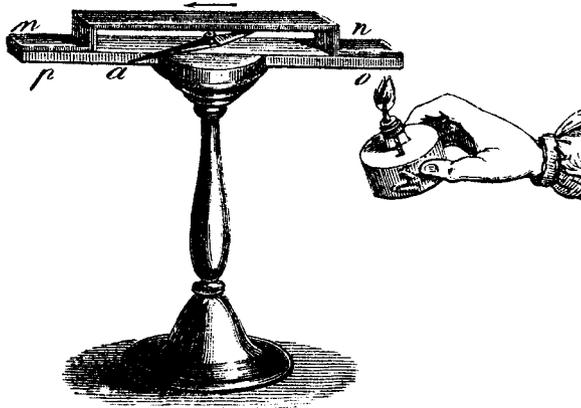
253 ÉLÉMENT DE SEEBECK

Loi ou phénomène ✦ Dans certaines conditions la chaleur peut engendrer des courants électriques.

Description ✦ Il s'agit d'un circuit électrique constitué d'une lame de cuivre (mn) dont les extrémités sont recourbées et soudées à une lame de bismuth (op). Entre les deux lames de ce circuit est placée une aiguille aimantée (a) mobile sur un pivot.

Expérience ✦ On place l'appareil dans la direction du méridien magnétique. On chauffe une des soudures du circuit : on voit l'aiguille dévier, indiquant le passage d'un courant qui va de la soudure chaude vers la soudure froide, en passant principalement par le cuivre (le bismuth est un métal mauvais conducteur de l'électricité et de la chaleur).

Si, au lieu de chauffer la soudure, on la refroidit avec de la glace, il se produit aussi un courant mais de sens inverse. Dans les deux cas, le courant est d'autant plus intense que la différence de température entre les deux soudures est plus grande.



H : 17 - L : 12 - L : 2



Remarque

C'est en 1821 que le docteur Thomas Johann Seebeck, de Berlin, réalisa cette expérience.

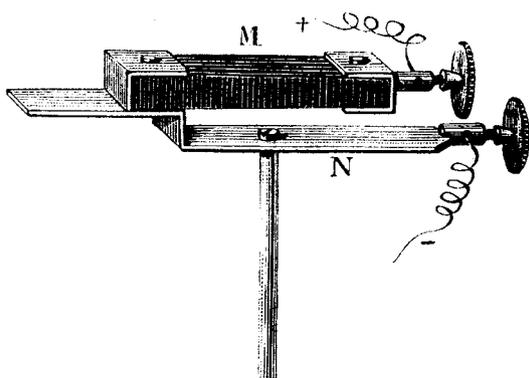
254

ÉLÉMENT D'EDMOND BECQUEREL

Fonction ↪ Délivrer un courant électrique grâce à la chaleur.

Description ↪ Sur une plaque de maillechort (N) recourbée à une extrémité est soudée une barre de sulfure de cuivre qui constitue la borne (+) de l'élément : c'est une application de l'effet Seebeck.

Mode opératoire ↪ On élève la température de la soudure à l'aide par exemple de la flamme d'un bec de gaz d'éclairage pour délivrer un courant. Ainsi avec 30 ou 40 éléments, on peut constituer une pile qui permet de décomposer l'eau, faire fonctionner un télégraphe...



H : 27 - D : 10

255 BOBINE DOUBLE DE FARADAY

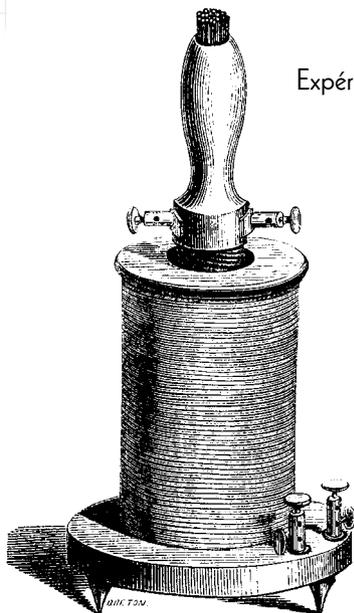
Loi ou phénomène ✦ Lorsqu'on approche un conducteur traversé par un courant d'un conducteur voisin, on induit un courant «inverse» dans ce dernier ; lorsqu'au contraire on l'éloigne, le courant induit est «direct».

Description ✦ L'appareil se compose d'une bobine creuse (induite), à un seul fil long et fin à l'intérieur de laquelle peut pénétrer une seconde bobine (inductrice), également à un fil, mais gros et court. La bobine inductrice, creuse, peut recevoir un faisceau de fils de fer doux. Un manche en bois permet de manœuvrer facilement cette bobine inductrice.

La bobine induite est reliée à un galvanomètre.

La bobine inductrice est reliée à une pile.

Expérience ✦ On introduit brusquement la bobine inductrice dans la bobine induite, le galvanomètre indique qu'il se produit un courant «inverse» de même durée que le déplacement. Et, si on la retire rapidement, le galvanomètre indique qu'il se produit dans la bobine induite un courant «direct».



H : 50 - D : 15 - D' : 15



H : 11 - L : 18 - L : 11

constructeur
SÉCRÉTAN, PARIS

256 APPAREIL D'ARAGO (magnétisme de rotation)

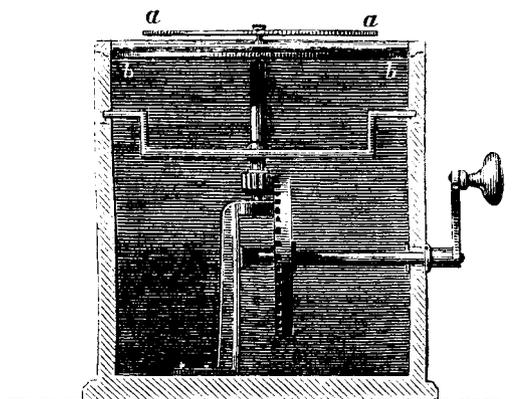
Loi ou phénomène ↪ Création dans les disques de courants d'induction dus à leur déplacement par rapport à un aimant.

Description ↪ Un disque de cuivre (bb) placé à l'intérieur d'une boîte reçoit d'un rouage d'angle, un mouvement de rotation.

Au dessus du couvercle de la boîte, formé par une lame de verre mince ou une peau tendue, est placée une aiguille aimantée (aa) sur un pivot.

Expérience ↪ Si le disque tourne d'un mouvement lent, l'aiguille, préalablement en équilibre dans le plan du méridien magnétique, est déviée dans le sens du mouvement.

Si le disque tourne plus vite, l'aiguille est entraînée et se met à tourner plus ou moins rapidement dans le même sens que le disque.



H : 22 - L : 22 - L : 22



Remarque

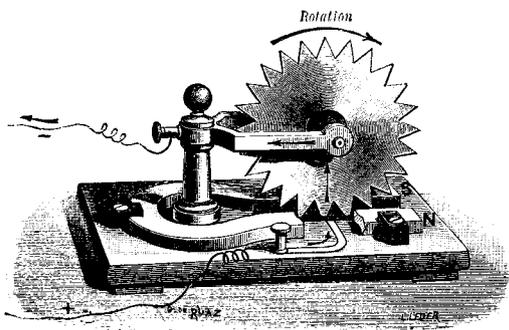
Ce phénomène est utilisé dans l'amortissement des oscillations des galvanomètres aperiodiques.

257 ROUE DE BARLOW

Loi ou phénomène ➤ Rotation d'un disque conducteur par action d'un champ magnétique sur un courant mobile.

Description ➤ Elle se compose d'une roue dentée verticale en cuivre, mobile autour d'un axe horizontal. Elle est disposée de façon telle que la partie inférieure touche constamment la surface d'un bain de mercure contenu dans un petit auget, placé lui-même entre les branches d'un aimant en fer à cheval.

Expérience ➤ On relie l'axe de rotation et l'auget respectivement aux deux pôles d'une pile. On fait ainsi circuler à travers la roue conductrice un courant qui est toujours sensiblement vertical, c'est-à-dire normal aux lignes de force de l'aimant. Cette portion de roue parcourue par ce courant est constamment entraînée dans le même sens et la roue conductrice prend ainsi un mouvement de rotation continu.



H : 19 - L : 25 - L : 12

constructeur
E. DUCRETET & CIE

258

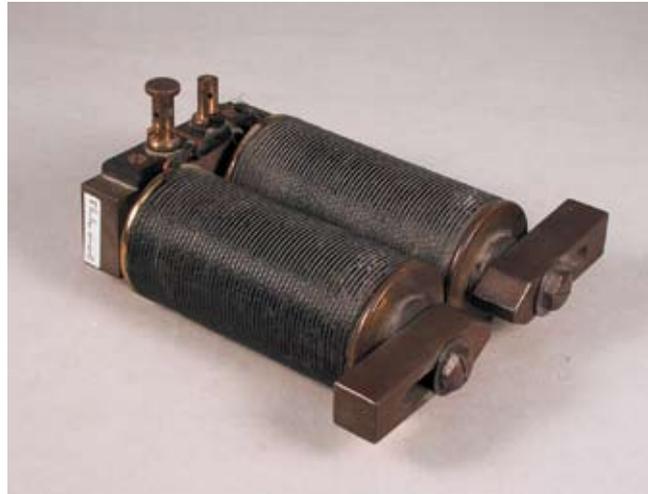
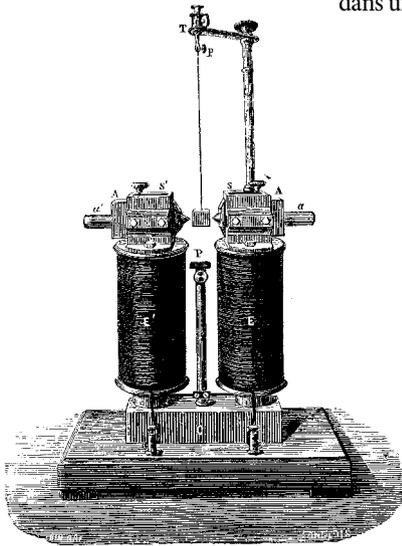
ÉLECTRO-AIMANT DE FARADAY

Loi ou phénomène ➤ Mise en évidence des courants de Foucault obéissant à la loi de Lenz : ils tendent toujours à s'opposer aux mouvements qui les développent.

Description ➤ Il s'agit d'un puissant électro-aimant constitué de deux bobines (E) et (E') comportant une armature de fer doux dont les deux pôles sont terminés, dans la partie entrefer, par des pièces de forme conique.

Expérience ➤ Si on laisse tomber une pièce de monnaie entre les pôles de l'électro-aimant, on constate que la pièce traverse lentement le champ magnétique.

Si l'on suspend un cube métallique par un cordon bien tendu et qu'on vienne à tordre le fil de suspension, puis à abandonner le système à lui-même, le cube tourne à une vitesse croissante ; il s'arrête brusquement quand on lance un courant dans l'électro-aimant. En supprimant le courant, la résistance disparaît, et le cube se remet à tourner. Ces faits s'expliquent par l'induction de courants au sein des masses métalliques en mouvement dans un champ magnétique.



H : 24 - L : 22 - L : 11



Remarque

Les courants de Foucault sont en général nuisibles ; on en fait cependant une application pour amortir rapidement les oscillations des aiguilles aimantées dans les boussoles, certains galvanomètres, etc...

259 APPAREIL DE CHASSAGNY destiné à montrer les phénomènes fondamentaux de l'électromagnétisme

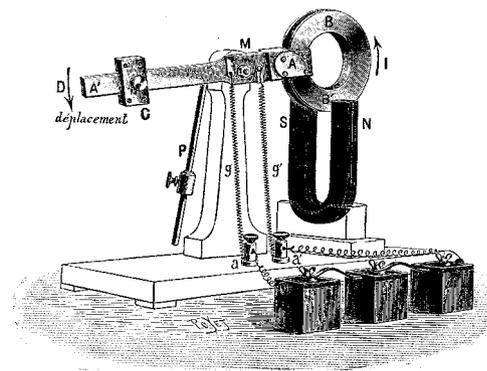
Loi ou phénomène ➤ 1°) Un conducteur mobile parcouru par un courant, situé dans un champ magnétique, peut être soumis à des actions qui tendent à le déplacer. Le sens de ces actions change quand on inverse le sens du courant ou le sens des lignes de champ magnétique.

2°) Les actions exercées par un champ magnétique sur le conducteur sont proportionnelles à l'intensité du courant électrique et à l'intensité du champ magnétique.

Description ➤ Il est constitué d'une bobine (BB') de fil conducteur à l'extrémité d'un balancier très mobile (M). Sur l'autre extrémité de ce balancier se trouve une masse mobile (C). La bobine peut osciller entre les deux branches d'un aimant (SN) constitué de trois lames en forme de fer à cheval. Les lignes de champ dans l'entrefer de l'aimant sont perpendiculaires au plan de la bobine, qui se confond d'ailleurs avec le plan d'oscillation du balancier.

Expériences ➤ 1°) On met les extrémités (aa') du fil de la bobine en communication avec les deux pôles d'une pile. Aussitôt la bobine se déplace. Le levier s'arrête dans une position inclinée sur l'horizontale. Si on supprime le courant, le balancier reprend sa position primitive. Si on établit dans la bobine un courant en sens contraire du premier, le balancier s'incline à nouveau, mais dans un sens opposé à celui de la première expérience. Si on recommence les expériences après avoir tourné l'aimant face pour face : on obtient les mêmes effets mais ils sont changés de sens. 2°) Si on fait varier l'intensité du courant à l'aide d'un rhéostat et d'un ampèremètre, l'appareil, envisagé comme balance, montre que les actions exercées par l'aimant sur la bobine sont proportionnelles à l'intensité du courant qui la traverse.

Si on réalise le champ magnétique par une seule des lames en fer à cheval, la bobine est déplacée. L'appareil utilisé en balance permet de mesurer la valeur de la force (f) qui ramènerait la bobine dans sa position initiale d'équilibre. On recommence avec une autre lame pour déterminer la valeur de la force (f') correspondante. On réunit les deux lames, on mesure une nouvelle valeur de la force (F) qui maintenant s'exerce sur la bobine et on constate qu'on a toujours l'égalité : $F = f + f'$



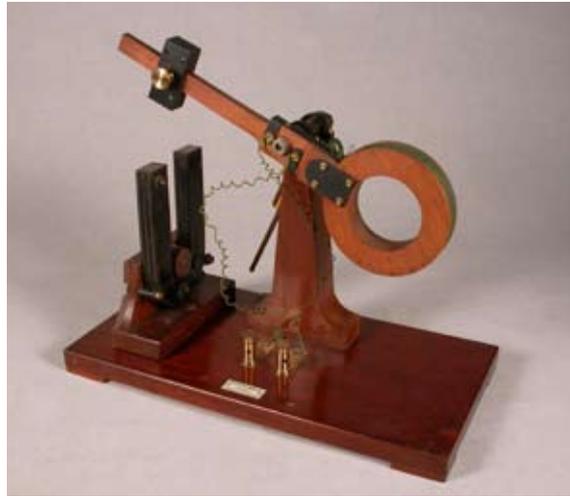
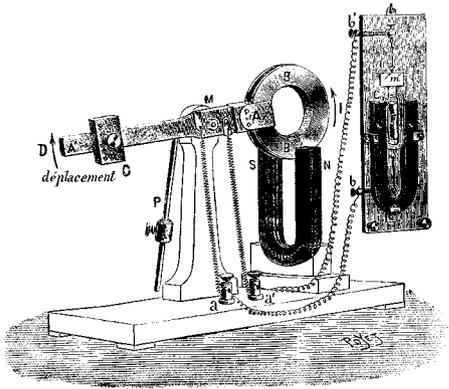
260

APPAREIL DE CHASSAGNY destiné à montrer les phénomènes d'induction

Loi ou phénomène ✦ Si un conducteur, appartenant à un circuit fermé, se déplace dans un champ magnétique de façon à être traversé par un flux de champ magnétique variable, il se produit dans le circuit un courant induit qui a même durée que la variation même du flux magnétique.

Description ✦ (Voir page précédente)

Expérience ✦ On utilise le même appareil qui a servi pour étudier les phénomènes électromagnétiques. L'expérience est modifiée de la façon suivante : au lieu de rattacher les deux bornes (a) et (a') aux deux pôles d'une pile, on les relie aux bornes (b) et (b') d'un galvanomètre sensible du type Deprez et d'Arsonval, par exemple. On a ainsi constitué un circuit qui comprend le galvanomètre et la bobine ; aucune force électromotrice ne régnant dans le circuit, le galvanomètre reste dans sa position d'équilibre. Si on abaisse brusquement la bobine (B) entre les deux pôles de l'aimant fixe, aussitôt, on voit le cadre du galvanomètre dévier, mais revenir à sa position première, dès que la bobine est maintenue au repos. Le déplacement de la bobine dans le champ de l'aimant a donc fait naître, dans le fil de la bobine, un courant dont la durée est exactement la même que celle du déplacement de la bobine.



H : 28 - L : 40 - L : 21



Remarque

Ce phénomène a été mis en évidence par Faraday en 1831. Il a découvert notamment que la force électromotrice produite dans le circuit par le déplacement de la bobine est proportionnelle à la vitesse de variation du flux magnétique à travers le circuit considéré.

constructeur
RADIGUET & MASSIOT
CONSTRUCTEUR, PARIS
13 & 15 Bd DES FILLES DU CALVAIRE

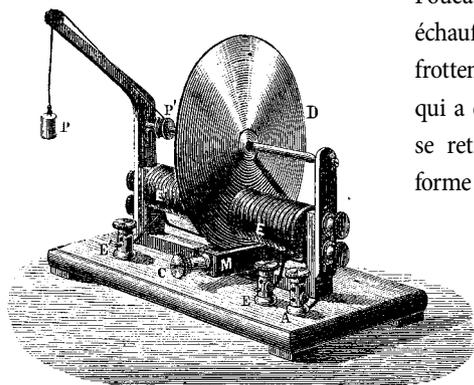
261 DISQUE DE FOUCAULT

Loi ou phénomène ➤ Des courants ne se produisent pas que dans des fils en mouvement dans un champ magnétique, ils se produisent aussi dans la masse des conducteurs en mouvement dans ces champs : on les appelle courants de Foucault.

Description ➤ Un disque en cuivre (D), très mobile, porte sur son axe horizontal une poulie (P') sur laquelle est enroulé un fil relié à un poids (P) qui permet de le mettre en mouvement. Ce disque est placé dans l'entrefer d'un électroaimant relié aux bornes (E) et (E'). L'axe du disque est relié à une borne (A) et le bord du disque plonge dans un petit bac rempli de mercure relié à une borne (C).

Expérience ➤ À l'aide du poids (P), le disque (D) prend un mouvement de rotation rapide.

Dès que le courant est établi dans l'électroaimant, le disque s'arrête en un temps très court pendant lequel un galvanomètre, placé entre les bornes (A) et (C), permet de détecter des courants dits de Foucault. Le disque s'est échauffé comme s'il y avait eu frottement ; l'énergie cinétique qui a été dissipée rapidement se retrouve finalement sous forme d'énergie calorifique.



H : 24 - L : 20 - L : 15



Remarque

On utilise les courants de Foucault dans divers appareils pour amortir le mouvement de leur partie mobile. Edison a conçu à partir de cette expérience un frein électrique : le disque est mis en rotation par la voiture elle-même ; pour ralentir celle-ci, le conducteur n'a qu'à lancer le courant dans l'électroaimant entre les pôles duquel tourne le disque.

262 BOBINE D'INDUCTION

Loi ou phénomène ➤ Dans une bobine double, les courants induits apparaissent quand les courants inducteurs s'établissent ou cessent.

Description ➤ Il s'agit d'une bobine à deux fils constituée d'un cylindre de carton ou de bois sur lequel s'enroule en hélice, d'abord un fil de cuivre assez gros, puis, par-dessus, un fil plus fin, tous les deux recouverts de soie ou de coton. Le gros fil qui ne comporte qu'un nombre restreint de spires, est relié à deux bornes (c) et (d), tandis que le fil fin, dont le nombre de spires est élevé, aboutit à deux bornes (a) et (b).

Expérience ➤ On relie les deux bornes (a) et (b) à un galvanomètre (G) et la borne (d) à une des bornes d'une pile et, tenant le fil de liaison à la main, on met l'autre borne de la pile en contact avec la borne (c), ce qui fait passer le courant dans le gros fil seulement. On observe les phénomènes suivants :

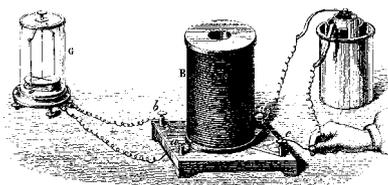
- Dès que le courant passe, le galvanomètre indique le passage, dans le fil fin, d'un courant *inverse* c'est-à-dire de sens contraire au courant inducteur. Ce courant ne dure qu'un instant car l'aiguille revient aussitôt au zéro et y reste tout le temps que le gros fil est parcouru par le courant inducteur.

- Dès qu'on interrompt le courant inducteur, il se produit de nouveau dans le fil fin un courant induit, instantané comme le premier, mais *direct* c'est-à-dire de même sens que le courant inducteur.



H : 22 - L : 16 - L : 14

constructeur
E. DUCRETET À PARIS



263 BOBINE DE RUHMKORFF

Fonction ➤ Obtenir des tensions induites importantes.

Description ➤ Elle est composée d'une première bobine dite inductrice dont le fil assez gros recevra le courant de la pile. Sur cette bobine est enroulée une deuxième bobine dite induite dont le fil est assez fin et le nombre de spires élevé.

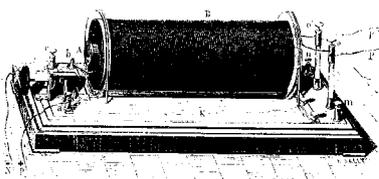
Mode opératoire ➤ Il suffit de brancher une pile sur les bornes de la bobine inductrice pour obtenir des tensions induites dont les effets sont très puissants.

Quand on relie à un galvanomètre les deux extrémités d'un fil conducteur, on constate que si l'on approche de ce circuit un aimant, ou un fil parcouru par le courant d'une pile, l'aiguille du galvanomètre dévie. Il s'est donc produit un courant dans le premier circuit, bien qu'il ne contienne pas de pile. Ces courants découverts par Faraday en 1831, ont été appelés courants d'induction. Le courant qui passe dans le gros fil de la bobine de Ruhmkorff n'agit par induction sur le fil fin, que lors de son établissement ou de sa disparition. Il faut donc que ce courant soit constamment interrompu et c'est le rôle d'un petit marteau oscillant.



H : 19 - L : 32 - L : 16

constructeur
A. GAIFFE



H : 38 - L : 42 - L : 28

constructeur
MORLOT - MAURY, PARIS



H : 35 - L : 63 - L : 29

constructeur
E. DUCRETET & LEJEUNE À PARIS
RUE CLAUDE BERNARD, 75



Remarque

Le prix Volta, créé par l'empereur Napoléon III fut décerné en 1864 à Ruhmkorff. J.B Dumas, chimiste français de l'Académie des Sciences déclara «L'appareil de Ruhmkorff réunit des conditions très rares, qui en font un instrument fécond en découvertes de tout genre, ouvrant à l'électricité une voie nouvelle et inattendue». Utilisée pour les décharges à travers les gaz raréfiés, la bobine de Ruhmkorff a contribué au développement de l'analyse spectrale et permis l'étude des rayons cathodiques, l'alimentation des premières ampoules à rayons X ou des tubes de Crookes.

264

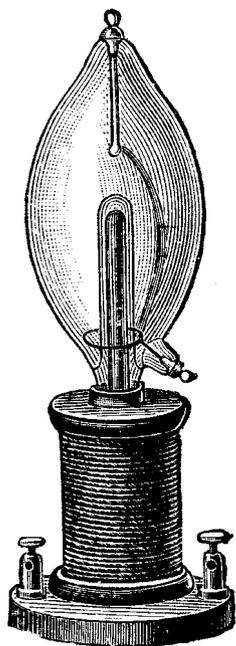
ŒUF ÉLECTRIQUE DE LA RIVE

Loi ou phénomène ↪ Action du magnétisme sur la lumière électrique dans le vide.

Description ↪ Un œuf électrique (ampoule de verre) dans le lequel on a fait un vide relatif est soufflé de façon à pouvoir être enfilé sur un cylindre en fer doux entouré à sa base d'un électroaimant. A l'intérieur de l'œuf, un anneau en laiton à la partie inférieure et une électrode à la partie supérieure communiquent avec l'extérieur par deux bornes.

Expérience ↪ Si on relie ces deux bornes à une bobine de Ruhmkorff, on voit dans l'œuf une gerbe lumineuse cylindrique qui va de l'électrode supérieure à l'anneau en laiton et dans laquelle on distingue des jets plus brillants que les autres.

Si on relie alors l'électroaimant à une pile de manière à aimanter le cylindre en fer doux, la lumière se met à tourner rapidement autour de ce dernier dans un sens qui dépend de celui de l'aimantation du fer, présentant ainsi un nouvel exemple de la rotation des courants produite par des aimants.



H : 41 - D : 14 - D' : 5



Remarque

De La Rive a utilisé son œuf dès 1849 pour expliquer les mouvements rotatoires observés dans les aurores boréales.

265 TUBE DE GEISSLER

Loi ou phénomène ➤ Effets lumineux appelés lueurs ou effluves obtenus par décharge électrique dans les gaz raréfiés.

Description ➤ Il est constitué d'un tube clos en verre contenant un gaz dont la pression a été réduite à quelques millimètres de mercure au plus. Deux fils de platine soudés dans le verre aux extrémités du tube servent d'électrodes.

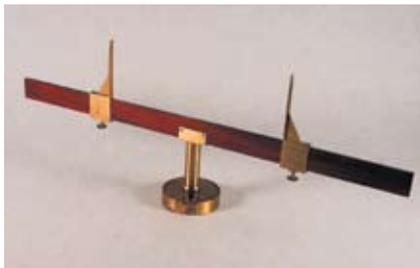
Expérience ➤ Si l'on met en contact les deux fils de platine avec les pôles, par exemple, d'une machine de Wimshurst amorcée, le tube est parcouru par une lueur présentant des stratifications, c'est-à-dire des parties alternativement brillantes et obscures. La lueur a une teinte qui varie avec la nature du gaz ; elle semble partir du pôle positif. Le pôle négatif est entouré d'une auréole violacée suivie d'un espace noir



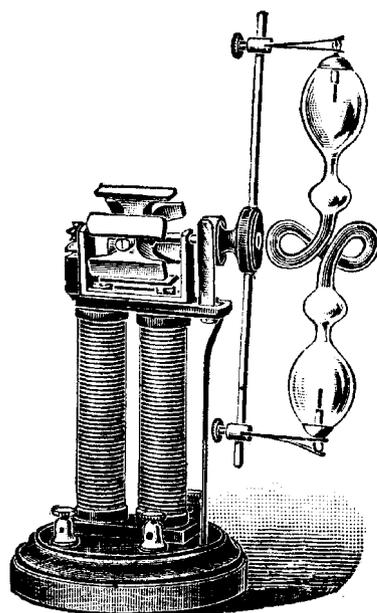
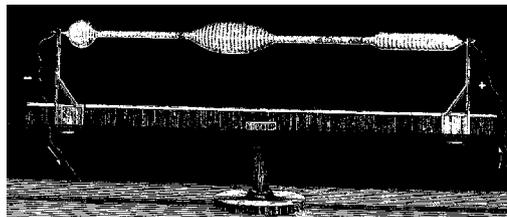
H : 37,5 - D : 4 - D' : 6,5 - D'' : 8,5

266

PORTE-TUBES DE GEISSLER



H : 23 - L : 64 - L : 9

H : 20 - D : 10
(À MOTEUR À FER TOURNANT)

267

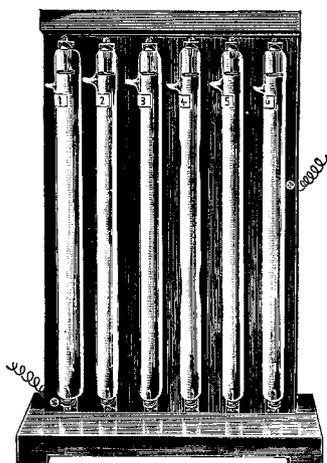
ÉCHELLE DE VIDE D'APRÈS CROSS

Loi ou phénomène ✦ Le phénomène de décharge électrique dans les gaz dépend du degré de vide.

Description ✦ L'appareil se compose de 6 ou 7 tubes à décharge dans lesquels règne un vide différent.

Expérience ✦ On met ces tubes en circuit les uns après les autres :

- Vide d'environ 10mm de mercure : décharge en forme de bande bleue.
- Vide d'environ 1mm de mercure : la bande de décharge remplit tout le tube, les rayons cathodiques ne sont pas visibles.
- Vide d'environ 0,3mm de mercure : la lueur bleue-rosée de la décharge est rassemblée dans la région de l'anode, tandis que de la cathode partent les rayons cathodiques reconnaissables à la couleur bleue du gaz et à la faible fluorescence de la paroi de verre du tube. Entre la cathode et la zone de lumière bleue des rayons cathodiques on observe une mince bande obscure.
- Vide d'environ 0,05 mm de mercure : les rayons cathodiques gagnent dans le tube, mais des stratifications apparaissent dans la lumière anodique. La fluorescence verte du verre devient plus nette.
- Vide d'environ 0,005 mm de mercure : les rayons cathodiques remplissent presque tout le tube, la fluorescence de la paroi est encore extrêmement forte, mais la lumière anodique est très faible.
- Vide d'environ 0,001 mm de mercure : la lumière anodique a pratiquement disparu ; les rayons cathodiques ne sont plus qu'à peine visibles. Par contre la paroi toute entière du tube est fluorescente sous l'effet du bombardement des rayons cathodiques.



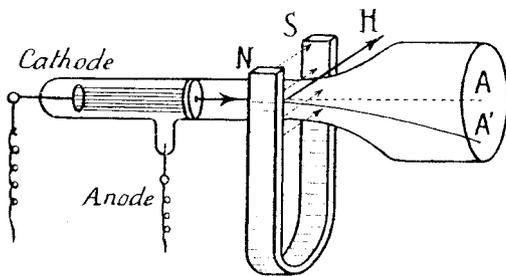
H : 28 - L : 29 - L : 7

268 TUBE À VIDE DE BRAUN

Loi ou phénomène ➤ Déviation des rayons cathodiques par un champ magnétique (aimant) ou un champ électrique (condensateur).

Description ➤ Il s'agit d'un tube en verre dont le fond est recouvert intérieurement d'un écran fluorescent. Il comporte une cathode circulaire et une anode reliée à un disque percé d'un trou par lequel les rayons cathodiques sortent et provoquent un spot sur l'écran.

Expérience ➤ On relie la cathode et l'anode aux pôles d'une bobine d'induction. Le faisceau cathodique est rectiligne mais se courbe sous l'action d'un aimant. Il en est de même lorsque le faisceau passe entre les plateaux d'un condensateur, dans ce cas, il est attiré par le plateau positif et repoussé par le plateau négatif.



H : 35 - L : 65 - D : 6 - D' : 2,5



Remarque

Ce tube sera à l'origine des tubes de télévision.

269

OSCILLATEUR ET RÉSONATEUR ÉLECTRIQUES DE HERTZ

Loi ou phénomène ➤ Les effets électromagnétiques produits par une décharge oscillante se propagent sous forme d'ondes dans l'espace.

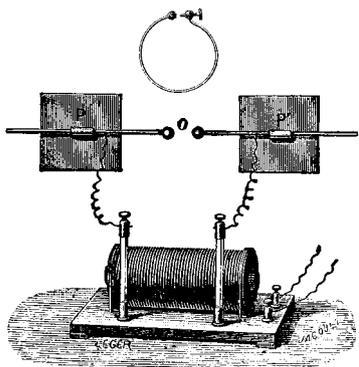
Description ➤ L'oscillateur, ou excitateur, de Hertz est composé de deux plaques rectangulaires (ou deux sphères) (PP'), munies de tiges métalliques terminées par deux boules (o) que l'on met en communication avec les pôles d'une forte bobine de Ruhmkorff.

Le résonateur est constitué par un fil recourbé en cercle dont les extrémités se terminent, l'une par une petite boule, l'autre par une pointe mobile formant ainsi une sorte de micromètre à étincelles.

Expérience ➤ Lorsqu'on connecte la bobine, le courant induit charge les deux conducteurs. Quand la différence de potentiel est assez grande, l'étincelle de la bobine éclate permettant un passage du courant. La tension chute alors rapidement, l'étincelle s'éteint et l'état initial est retrouvé ; la charge reprend, le cycle est très rapide.

En explorant l'espace au moyen du résonateur, on constate que des étincelles jaillissent dans l'interruption, lorsque sa grandeur est convenablement réglée. Elles sont dues principalement aux forces électromotrices d'induction que les oscillations de la décharge développent dans le circuit.

Si l'on place un oscillateur en face d'une plaque plane conductrice, en communication avec le sol, on trouve que le résonateur ne donne plus d'étincelles pour des positions équidistantes prise sur la perpendiculaire abaissée de l'oscillateur sur la plaque ; tandis qu'il en donne nettement pour des positions intermédiaires. Il y a donc eu production de phénomènes d'interférences : cela démontre que les effets de l'oscillation se propagent suivant des ondes qui se réfléchissent sur la plaque, les ondes réfléchies et les ondes incidentes produisant des ondes stationnaires par leur superposition.



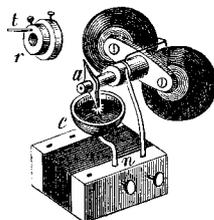
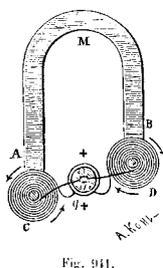
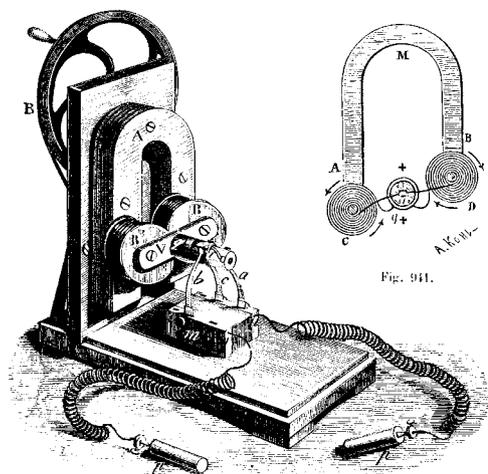
H : 48 - L : 34 (PLAQUES)

270 MACHINE DE CLARKE

Fonction ➤ Convertir le travail mécanique en énergie électrique par l'intermédiaire de l'induction électromagnétique. Dans cette machine le courant obtenu est continu.

Description ➤ Elle se compose d'une roue (R), portant une chaîne sans fin, destinée à transmettre un mouvement de rotation rapide au support des deux bobines (B) et (B'), formées chacune d'un cylindre en fer doux autour duquel s'enroule en sens contraire un long fil de cuivre entouré de soie. L'aimant (A) se compose de plusieurs fers à cheval en acier, fixés ensemble à une planche verticale. En (m) se trouve un parallélépipède en bois, dont les faces latérales sont couvertes de bandes métalliques, avec lesquelles communiquent deux ressorts en acier, dont les extrémités appuient sur un commutateur que porte l'axe des bobines. Chaque moitié du commutateur est reliée à une bobine et les ressorts sont reliés aux fils (rp), (np), devant servir de conducteurs aux courants d'induction développés par la machine.

Mode opératoire ➤ Il suffit d'actionner la manivelle pour obtenir un courant continu.



H : 14 - L : 14 - L : 7



H : 50 - L : 35 - L : 18



Remarque

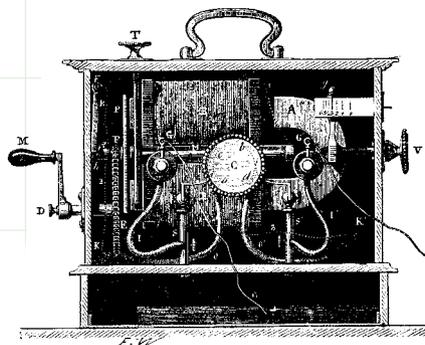
On peut remplacer le système des deux bobines (B) et (B') par un autre système de deux pointes (a), dirigées suivant les pôles de l'électro-aimant. Pendant le mouvement de rotation, ces pointes plongent dans du mercure contenu dans une petite coupe métallique (c) fixée à la plaque (n). Chaque pointe donne une vive étincelle au moment où, sortant du mercure, le circuit est rompu. Cette étincelle peut enflammer de l'éther versé sur le mercure.

constructeur
RHUMKORFF, PARIS

271 APPAREIL ÉLECTROMÉDICAL BRETON

Fonction ✦ Se servir des courants d'induction pour des applications physiologiques et médicales (électrisation faradique).

Description ✦ En regard des extrémités polaires d'un puissant aimant en fer à cheval (A), se trouve une plaque rectangulaire de fer doux (P), montée perpendiculairement sur un axe horizontal ; un mouvement de rotation très rapide est communiqué à cette plaque par une roue dentée (E), que l'on fait tourner avec la main à l'aide de la manivelle (MD), et qui commande le pignon (F) par l'intermédiaire d'une chaîne sans fin. Les branches de l'aimant sont engagées dans l'intérieur des bobines d'induction (B) et (B'), sur chacune desquelles s'enroulent deux fils, l'un gros et assez court, l'autre fin et beaucoup plus long, superposé au premier. On a ainsi deux circuits dans lesquels l'aimant développe des courants induits dont les effets ne sont pas tout à fait les mêmes : les courants du fil gros et court ne donnent que des faibles commotions, tandis que ceux du fil long en déterminent d'énergiques. On peut à volonté recueillir les courants de l'un ou l'autre circuit, suivant la manière dont on établit les communications entre les diverses parties de l'appareil. En (G) et (G') sont les bornes auxquelles se fixent les rhéophores.



Mode opératoire ✦ Pour graduer l'intensité des courants induits développés, on manœuvre la vis de rappel (V), qui permet d'approcher ou d'éloigner plus ou moins l'aimant (A) de l'armature de fer doux (P) ; les distances sont données par un index (g), qui se meut le long d'une échelle divisée. En outre, une tige de fer doux, suspendue au bouton (T), peut être appliquée latéralement contre les pôles de l'aimant ; dans cette position elle prend un état magnétique opposé à celui de l'aimant et amoindrit ainsi l'action inductrice de ce dernier sur le fil des bobines. On relie les mains du patient aux bornes de l'appareil par l'intermédiaire de deux cylindres en laiton ou divers accessoires et on tourne la manivelle. Le réglage du courant se fait soit en changeant la vitesse de rotation soit plutôt en déplaçant l'aimant.



H : 21 - L : 26 - L : 15

constructeur
BRETON FRÈRES
23, RUE DAUPHINE À PARIS

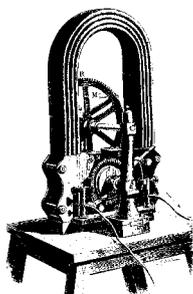
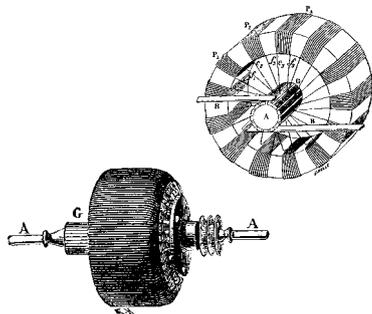
272

MACHINE DE GRAMME À COURANTS CONTINUS

Fonction ➤ Transformer l'énergie mécanique en énergie électrique afin d'obtenir des courants continus dans un circuit.

Description ➤ Dans le champ magnétique d'un aimant en forme de fer à cheval, un induit tourne grâce à un système d'engrenages démultiplié (R). Cet induit est constitué par un anneau ou cylindre creux de fer doux sur lequel est enroulé un fil isolé parallèlement à l'axe, sous forme de multiples bobines plates, identiques, (P1), (P2), (P3)... qui sont réunies par leurs extrémités de manière à former un circuit unique. Le point de jonction de deux bobines consécutives est soudé à une barre de laiton parallèle à l'axe de rotation et encastrée sur son pourtour. Ces barres isolées les unes des autres forment les génératrices d'un cylindre qui constitue le collecteur (G). Deux frotteurs (B), appelés «balais», appuient constamment sur le collecteur et sont en contact avec une ou deux génératrices du collecteur qui correspondent aux extrémités du diamètre vertical de l'anneau. Chacun des balais est relié à une borne.

Mode opératoire ➤ Il suffit de tourner la manivelle (M) pour communiquer, par l'intermédiaire des engrenages une action rapide à l'induit qui produira des courants continus dont le sens dépendra du sens de rotation de l'induit.



H : 63 - L : 37 - L : 33



Remarques

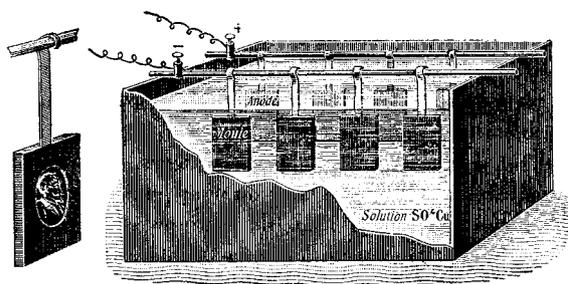
- C'est la conception particulière de l'induit et du collecteur qui permet d'obtenir des courants continus.
- Cette machine est réversible et peut transformer l'énergie électrique en énergie mécanique et devenir un moteur. Il suffit pour cela de l'alimenter, par ses deux bornes, par un courant continu suffisamment intense.
- Cette machine a donné, à la fin du XIX^{ème} siècle, un prodigieux essor aux applications des courants électriques comme par exemple les tramways électriques animés par une dynamo réceptrice dont l'anneau est monté sur un des essieux du véhicule ; le courant électrique qui actionne cette dynamo est fourni par une machine puissante dont l'un des balais est relié au rail de la ligne et dont l'autre communique avec un conducteur isolé, disposé parallèlement à la ligne et dans toute sa longueur.



constructeur
GRAMME INV.
BREVETÉ S.G.D.G.
BRÉGUET N°792

273 REPRODUCTION DE MODÈLES PAR GALVANOPLASTIE

- Fonction** ⚡ Reproduire des modèles au moyen d'un moule sur lequel on forme un dépôt de métal non adhérent.
- Description** ⚡ La cuve électrolytique est faite d'une matière mauvaise conductrice sur laquelle les acides ont peu ou pas d'action (gutta-percha, ébonite, verre...). Sur les bords de la cuve sont posées deux tiges métalliques reliées, l'une au pôle positif, l'autre au pôle négatif d'une pile. Les moules sont fait le plus souvent en gutta-percha enduit de plombagine pour les rendre conducteurs.
- Mode opératoire** ⚡ On remplit la cuve d'une solution de sulfate de cuivre saturée. A la tige reliée au pôle négatif on suspend les moules, à celle reliée au pôle positif on suspend des plaques de cuivre destinées à servir d'électrodes solubles.



Remarque

L'opération doit être lente : il faut habituellement 30 h pour obtenir un dépôt bien homogène ayant 1 mm d'épaisseur. L'intensité doit être de 0,5 à 4 ampères par décimètre carré de la surface des moules.

274

RÉGULATEUR DE DUBOSCQ

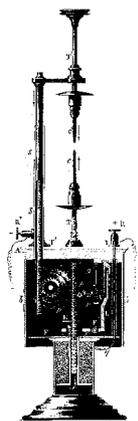
Fonction ➤ Produire un éclairage électrique par un arc voltaïque entre deux charbons et prévenir l'extinction à l'aide d'un automatisme électromécanique réglé par le courant lui-même qui rapprochent les pointes opposées des deux charbons au fur et à mesure de leur combustion.

Description ➤ Il comporte deux porte-charbon (T) et (T') montés sur des tiges à crémaillère et deux roues dentées, concentriques (p) et (p'), entraînées de manière continue par un mécanisme d'horlogerie (r,g) qui impriment aux deux crémaillères des mouvements en sens inverse, d'où il résulte le contact des deux charbons (c) et (c').

Mode opératoire ➤ Le courant continu du générateur arrive dans l'appareil par la borne (R) et en sort par la borne (R') après avoir suivi le chemin suivant : borne (R), fil (q), bobine (BB), tige (T), charbons (c) et (c'), tige (T'), support (s) et borne (R'). La bobine située dans le pied de l'appareil, attire un contact (K) qui arrête le mécanisme d'horlogerie par l'intermédiaire du levier coudé (FL) et du butoir (lm) qui appuie sur le régulateur (g) du rouage.

On remonte le mécanisme d'horlogerie du régulateur, on attend que les deux charbons soient au contact. A ce moment là on envoie le courant continu du générateur dans le circuit (R,R'). Dès que le courant passe, l'arc voltaïque s'allume entre les deux pointes, tout petit d'abord, puis de plus en plus grand à mesure que les charbons se consomment.

Dès que l'arc est formé, les pointes ne butent plus l'une contre l'autre, mais aussi longtemps que le courant a une intensité suffisante, l'électro-aimant bloque le mécanisme d'horlogerie. Dès que l'arc est rompu ou si l'intensité faiblit, le mécanisme d'horlogerie se déclenche grâce au ressort (s) antagoniste au contact (K) et les charbons se rapprochent de nouveau.



Remarques

- Cet appareil inventé par Foucault, fut construit et perfectionné par Duboscq. Il fut le premier en date des régulateurs à point lumineux fixe. Il a été conçu pour utiliser le courant continu des piles. Dans ce cas, le charbon positif s'usant deux fois plus vite que l'autre, le point lumineux ne peut rester sensiblement fixe qu'autant que la pointe positive se déplace deux fois plus vite que la pointe négative. On a obtenu ce résultat en donnant à la roue dentée qui commande la première crémaillère un diamètre double de celui de l'autre roue.

- Foucault a substitué le charbon des cornues au charbon de bois employé par Davy. Vers la fin du XIXème siècle les charbons ont été formés d'un aggloméré de coke en poudre, de noir de fumée et d'un sirop de gomme et de sucre très épais, qui a été séché à haute température après avoir été comprimé et passé à la filière. On les taillait en crayons de diamètres variables qui étaient parfois recouverts de cuivre ou de nickel par voie d'électrolyse pour augmenter sensiblement leur durée.



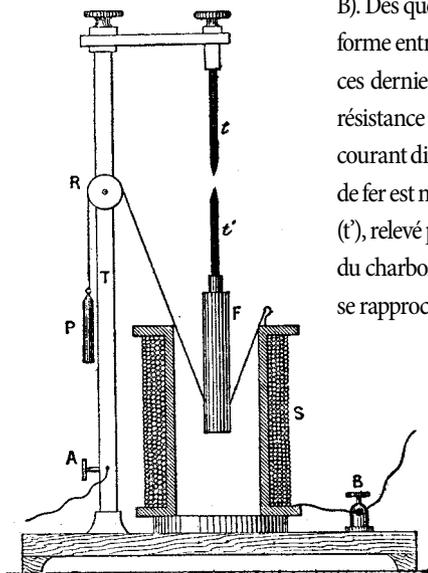
H : 54 - D : 12

constructeur
J. DUBOSCQ À PARIS

275 RÉGULATEUR D'ARCHEREAU

- Fonction** ➤ Produire un éclairage électrique par un arc voltaïque entre deux charbons et prévenir l'extinction à l'aide d'un automatisme électromécanique réglé par le courant lui-même qui rapproche les pointes opposées des deux charbons au fur et à mesure de leur combustion.
- Description** ➤ L'élément essentiel du régulateur est un solénoïde ou électro-aimant creux (S). Un barreau de fer (F) suspendu au milieu du solénoïde est soutenu par un fil conducteur souple et un contrepoids (P). Au barreau de fer est fixé le charbon (t') et à la potence (T) de l'appareil, le charbon (t). Le courant continu du générateur arrive dans l'appareil par la borne (A) et en sort par la borne (B) après avoir suivi le chemin suivant : borne (A), potence (T), charbons (t) et (t'), barreau (F), solénoïde (S), borne (B).

Mode opératoire ➤ On met les deux charbons au contact et on envoie le courant continu dans le circuit (A, B). Dès que le courant passe, l'arc voltaïque se forme entre les deux pointes des charbons. Si ces derniers s'écartent trop l'un de l'autre, la résistance de l'arc augmente, l'intensité du courant diminue dans le solénoïde, le barreau de fer est moins fortement attiré et le charbon (t'), relevé par le contrepoids (P), se rapproche du charbon (t) et inversement si les charbons se rapprochent trop l'un de l'autre.



H : 82 - L : 30 - L : 20



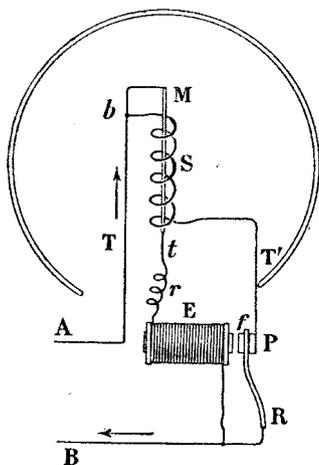
Remarque

C'est avec sa pile de Bunsen perfectionnée et son régulateur à solénoïde qu'Archereau commença, en 1847, à faire des expériences publiques d'illumination par l'électricité. A la révolution de 1848, il perdit sa fortune et loua une petite boutique sur le quai des Orfèvres pour gagner sa vie en vendant ses nouvelles piles de Bunsen.

276 LAMPE NERNST

Fonction ➤ Fournir une lumière très brillante par incandescence de l'oxyde de magnésium (magnésie) soumis au passage d'un courant électrique.

Description ➤ Elle est formée d'un filament (M) de magnésie. Or cette dernière est très mauvaise conductrice de l'électricité mais comme sa résistance diminue lorsque la température s'élève, il suffit de la chauffer pour que le courant puisse passer. Le courant arrive dans la lampe en (A), et par la tige (T) atteint un point de bifurcation (b) mais ne peut traverser la baguette de magnésie (M) froide ; par une spirale (S) et une tige métallique (T'), il se rend à une pièce métallique (P), d'où il passe dans un ressort (R), pour sortir de la lampe en (B). Par suite du passage du courant, la spirale (S) est portée au rouge ; elle va chauffer suffisamment la baguette (M) et la rendre assez conductrice pour que celle-ci laisse passer une partie du courant. Cette partie de courant se rend par une tige (t) et une résistance (r) dans le fil mince d'un électro-aimant (E), placé dans le socle de la lampe ; cet électro-aimant, ainsi excité par le courant dérivé, devient actif, attire une pièce de fer (f) fixée sur le ressort (R) et, en la retenant de façon permanente, supprime le contact entre (P) et (R). La spirale (S) n'est plus alors traversée par le courant et le dispositif de chauffage est ainsi mis hors circuit ; le courant tout entier passe dans la baguette (M) devenue alors conductrice et la porte à l'incandescence. La résistance (r) (constituée par un fil métallique enroulé sur une baguette de magnésie) sert à compenser les variations d'intensité du courant afin d'éviter les vacillations de la lumière.



Mode opératoire ➤ Il suffit de brancher la lampe sur la source de courant, d'attendre une dizaine de secondes pour que le filament soit assez chaud : la lampe est amorcée et brille sans discontinuer.



H : 38 - D : 8 - D' : 17

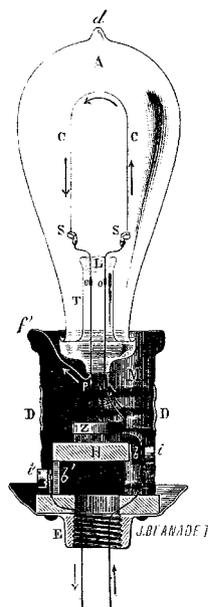
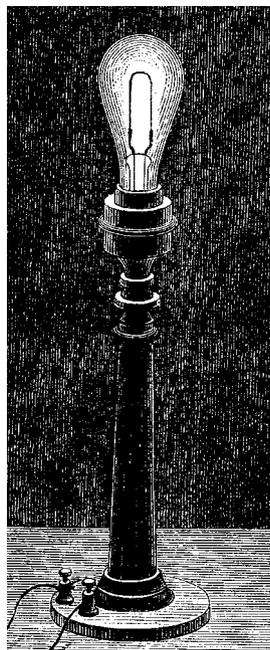


Remarque

La lampe Nernst dépensait, à éclairage égal, deux fois moins d'énergie que la lampe ordinaire à filament de carbone et constituait un mode d'éclairage économique. Elle produisait une grande intensité lumineuse (65 à 155 bougies) et avait une durée de vie de 200 h.

277 LAMPE EDISON

- Fonction** ➤ Produire de la lumière par un fil rendu incandescent par l'effet calorifique d'un courant électrique.
- Description** ➤ Dans une ampoule de verre (A) est disposé un filament de charbon (CC) en forme de U renversé, maintenu par deux petites pinces de cuivre (SS) qui sont reliées aux fils conducteurs du courant électrique. Le filament de charbon est obtenu avec les fibres des tiges de bambou du Japon qu'on a fait carboniser. Enfin on a fait dans l'ampoule un vide aussi parfait que possible.
- Mode opératoire** ➤ On branche la lampe aux bornes d'un générateur de courant continu ou alternatif. Le courant porte le fil à incandescence. On obtient une lumière jaune comme celle d'une bougie.



H : 21 - D : 9,5



Remarques

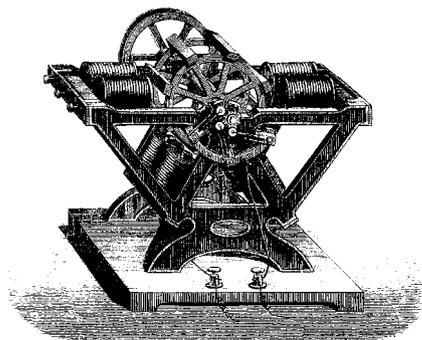
- L'ingénieur français, de Changy, en 1858, et le comte Du Moncel en 1859, s'étaient déjà servi de «fibres végétales carbonisées» dans leurs essais d'éclairage par incandescence, mais c'est à l'américain Edison que l'on doit d'avoir réalisé, en 1880, la première lampe à incandescence tout à fait pratique.
- En 1887, H.Gossin, dans son cours de physique, signale que «cet éclairage coûte fort cher, la dépense d'électricité étant très grande ; les lampes sont très fragiles et durent peu. Il n'y a lieu de recommander aujourd'hui les lampes à incandescence que pour l'éclairage des rampes de théâtre, parce que l'on évite ainsi toute cause d'incendie». Des essais dans ce sens ont été faits dans divers théâtres, et particulièrement à Paris, à l'Opéra, au Gymnase.

278 MOTEUR FROMENT

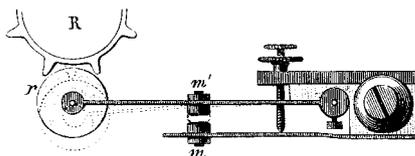
Fonction ➤ Convertir l'énergie électrique en énergie mécanique de rotation.

Description ➤ Il se compose d'une roue portant sur sa circonférence huit armatures en fer doux qui passent pendant le mouvement, devant quatre couples d'électro-aimants fixés sur un bâti en fonte. Sur un arc métallique fixe sont établies trois lames en contact avec l'une des extrémités des fils des électro-aimants, l'autre extrémité étant reliée à l'autre pôle de la pile. Ces lames ne sont pas en liaison électrique avec l'arc, mais cette communication est établie par les contacts (m) et (m') qui sont amenés l'un sur l'autre au moment où l'une des cames de la roue (R) soulève le galet (r) ; le courant passe alors dans les hélices. Des trois distributeurs l'un est destiné aux électro-aimants horizontaux qui fonctionnent simultanément, les deux autres aux électro-aimants inférieurs. La roue à came (R) a un fonctionnement tel que le courant ne cesse dans un électro-aimant qu'après être passé dans le suivant.

Mode opératoire ➤ On branche une pile aux bornes du moteur : si une armature est à une petite distance d'un électro-aimant, il y a attraction et le mouvement commence. Au moment où l'armature arrive en regard de la pièce attirante, le courant cesse, mais le mouvement continue en vertu de la vitesse acquise. L'armature dépasse le milieu de l'intervalle qui la sépare de l'électro-aimant suivant, alors le courant passe dans ce dernier, et ainsi se produit une série d'impulsions qui entretiennent le mouvement de la roue.



H : 21 - L : 30 - L : 25



279 TÉLÉGRAPHE BRÉGUET

Fonction ➤ Transmettre instantanément et à de grandes distances des messages sous forme alphabétique.

Description ➤ L'appareil se compose essentiellement d'un manipulateur (à gauche) et d'un récepteur (à droite). Les deux appareils sont munis chacun d'un cadran portant 25 lettres de l'alphabet («W» absent) sur lequel se meut une aiguille. L'expérimentateur fait tourner, à la main, l'aiguille de la station de départ. La station d'arrivée est mise en mouvement par un électro-aimant qui actionne une roue dentée tournant en fonction du nombre d'impulsions électriques reçues par le poste manipulateur. Chaque appareil est muni d'une sonnerie électrique, à l'aide de laquelle le poste de départ annonce au poste d'arrivée qu'une dépêche va être transmise.

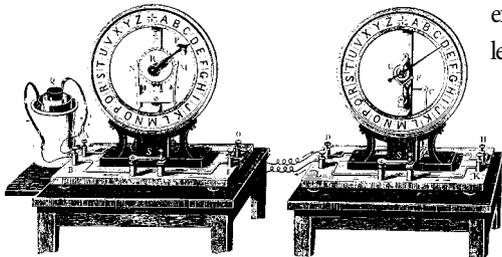
Mode opératoire ➤ Si l'on fait avancer l'aiguille du manipulateur de 4 lettres par exemple, le courant passe quatre fois et quatre fois il est interrompu. L'électro-aimant du récepteur devient donc quatre fois attractif et quatre fois il cesse de l'être. Donc la roue dentée a tourné de 4 dents et donc l'aiguille avance exactement d'un même nombre de lettres que celle du manipulateur.



H : 23 - L : 21 - L : 16



H : 20 - L : 27 - L : 18



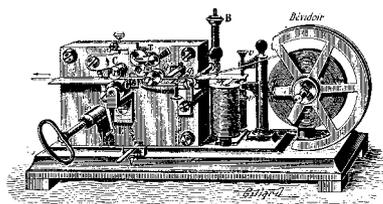
280 RÉCEPTEUR MORSE

Fonction ➤ Imprimer sur papier sous forme de traits et de points les signaux électriques reçus d'un récepteur.

Description ➤ Le récepteur comporte deux parties bien distinctes fixées sur un même socle rectangulaire en bois :

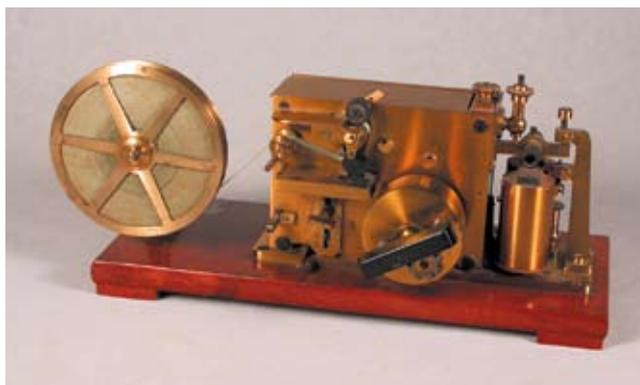
- la partie mécanique est constituée essentiellement par un mécanisme d'horlogerie dont le but est de donner à un ensemble de pièces mobiles un mouvement uniforme pour assurer un déroulement régulier du papier destiné à l'impression des signaux.

- la partie électromagnétique se compose d'un électroaimant et de son armature : cette dernière est une plaque de fer doux portée par un levier mobile autour d'un axe horizontal (o). L'extrémité gauche du levier, appelée «couteau», vient, quand l'armature est attirée, c'est-à-dire quand le courant traverse l'électroaimant, appuyer une bande de papier contre une molette imprégnée d'encre grasse, qui imprime sur la bande un point ou un trait, suivant que l'attraction de l'armature a été longue ou courte. Lorsque le courant est rompu, un petit ressort ramène l'armature à sa position primitive. La course de l'armature est limitée par deux vis (v) et (v').

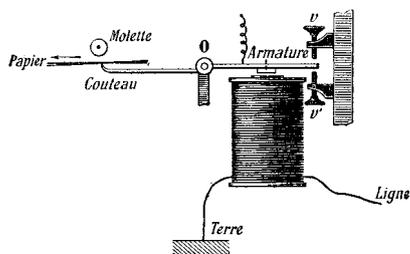


Mode opératoire ➤ À l'aide d'un manipulateur, l'émetteur de signaux envoie dans la ligne et dans le récepteur

correspondant des courants ayant des durées plus ou moins longues. Ces durées déterminent la longueur de la trace laissée sur la bande de papier (points



H : 18 - L : 40 - L : 18



ou traits). Le code Morse précise la correspondance entre les combinaisons de points et de traits et l'orthographe (lettre, chiffre, signes de ponctuation).



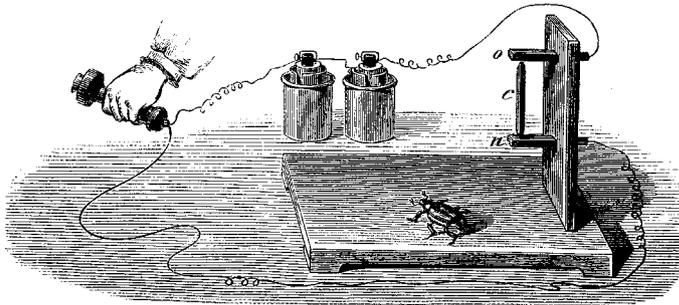
Remarque

En prenant 5 lettres comme moyenne des mots, un employé habile peut transmettre environ 25 mots à la minute.

constructeur
E. DUCRETET, PARIS

281 MICROPHONE DE HUGHES

- Fonction** ➤ Amplifier les vibrations sonores les plus faibles de manière à les rendre aisément perceptibles.
- Description** ➤ L'organe essentiel est un crayon (c) en charbon que l'on a rendu très conducteur, en le saturant de mercure, puis en le portant à une température élevée. Ce crayon taillé en pointe aux extrémités repose en équilibre presque instable entre deux supports (o) et (n), également en charbon.
- Mode opératoire** ➤ On insère le microphone, placé sur de l'ouate pour éviter les vibrations extérieures, dans le circuit d'une pile et d'un téléphone.
- Le plus faible son produit sur la planchette horizontale (par exemple le pas d'un insecte) ébranle le crayon (c), fait varier l'intensité du courant et reproduit dans le téléphone un son qui est considérablement renforcé.



H : 14 - L : 14 - L : 7

282

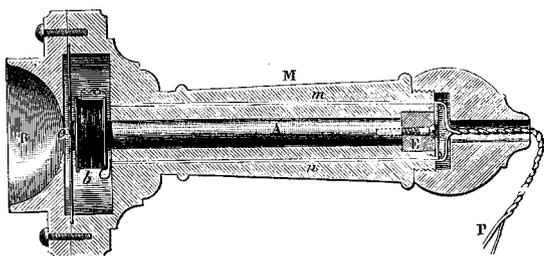
TÉLÉPHONE BELL

Fonction ↪ Transmettre des sons à distance.

Description ↪ Il se compose d'une petite boîte circulaire en bois, munie d'une embouchure (B), portée par un long manche (M), également en bois et contenant un long barreau aimanté (A). À l'extrémité de ce barreau on trouve une bobine magnétique (b) constituée par l'enroulement d'un très long fil de cuivre isolé par du coton dont les extrémités sont reliées à deux fils de cuivre eux aussi isolés mais plus gros (m) et (n).

La plaque vibrante (o) en fer très mince, très flexible, est placée entre l'embouchure et la bobine. Elle doit être placée le plus près possible du noyau de la bobine mais pas assez pour entrer en contact avec lui sous l'action des vibrations dues à la voix.

Mode opératoire ↪ Quand on parle dans l'embouchure, les vibrations résultant de l'émission de la voix provoquent dans la lame de fer des vibrations qui font naître dans la bobine (b) des courants induits qui se propagent dans les fils conducteurs et excitent une bobine dans un appareil semblable (qui joue le rôle de récepteur). Cette bobine met alors la plaque en vibration ce qui fait vibrer l'air en reproduisant le son émis à la station de départ.



L : 24 - D : 9 (COUPE)
L : 16 - D : 6

283 TÉLÉPHONE GOWER

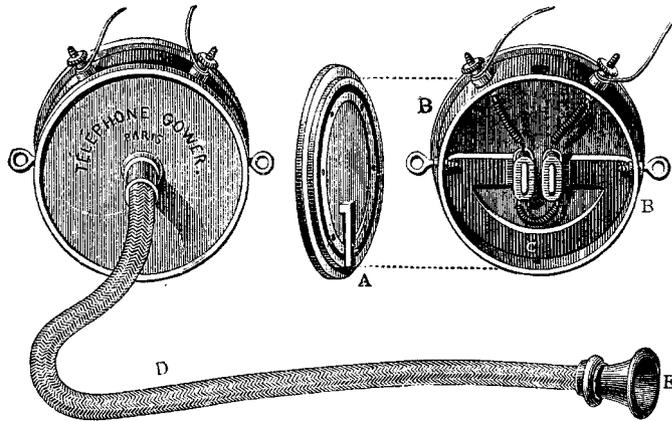
Fonction ➤ Transmettre les sons à distance.

Description ➤ Un diaphragme en fer blanc (A) est fortement serré contre les bords d'une boîte circulaire (BB) en laiton. A l'intérieur se trouve un aimant en forme de demi-cercle. Ses deux extrémités en se repliant, présentent les deux pôles en regard l'un de l'autre. Ces deux pôles sont munis de deux semelles de fer, sur lesquelles se trouvent deux petites bobines électromagnétiques.

Le fond de la boîte est percé d'un trou en face du centre du diaphragme. Dans ce trou est vissé un tube acoustique (D), terminé par une embouchure (E).

Le diaphragme (A) porte, en dehors de son centre, à moitié du rayon, une petite ouverture oblongue, dans laquelle une anche d'harmonium est adaptée à une équerre en laiton placée sur le diaphragme.

Mode opératoire ➤ Le téléphone sert à la fois de récepteur et d'émetteur. En soufflant dans l'embouchure (E) l'air pénètre dans l'ouverture oblongue et met l'anche en vibration. Ce son d'avertissement est tout à fait analogue à celui du cor. L'avertissement étant ainsi donné, on entame la conversation et le téléphone récepteur répète les mots.



H : 8 - D : 14
(COMPAGNIE DES TÉLÉPHONES)

284

POSTE TÉLÉPHONIQUE ADER

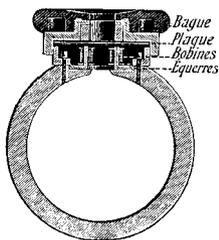
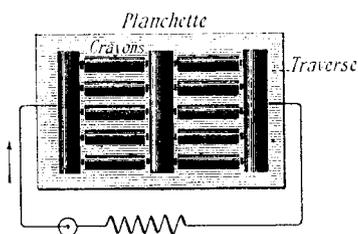
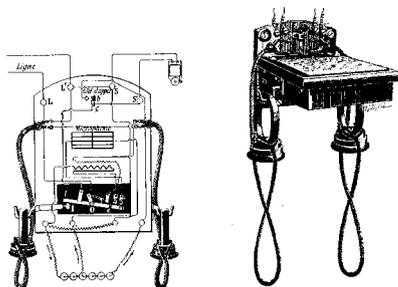
Fonction ➤ Transmettre à distance des sons et surtout la parole par l'intermédiaire de l'électricité.

Description ➤ Le poste comporte un transmetteur, deux récepteurs et un bouton d'appel.

Le microphone transmetteur est fixé sous une plaque de bois mince, disposée comme la table d'un petit pupitre. Il se compose d'une série de petites baguettes de charbon assujetties à peu près comme dans le microphone de Hughes, de manière que les contacts de ces baguettes avec leurs supports soient modifiés par les vibrations imprimées à la plaque de bois. Il se produit ainsi, dans le courant délivré par la pile qui est en communication avec le système, des variations d'intensité qui se traduisent par des mouvements imprimés à la plaque de fer de chaque téléphone, au poste d'arrivée.

Les deux téléphones récepteurs sont suspendus par des anneaux de chaque côté du transmetteur. Leur conception diffère un peu de celle du téléphone de Bell en ce que l'aimant est en forme de fer à cheval et donc l'action des deux pôles à la fois donne aux sons produits plus d'intensité. Le crochet de suspension du téléphone de gauche est à levier mobile et disposé de telle sorte qu'il ferme le circuit sur la sonnerie : le poste est en attente. Lorsqu'on décroche le téléphone, le crochet se relève et lance le courant dans la ligne de transmission en mettant la sonnerie hors circuit.

Mode opératoire ➤ Pour demander une communication au bureau de quartier dont dépend le poste, il suffit d'appuyer sur le bouton d'appel. À la réception d'une communication la sonnerie retentit. Dès que le téléphone récepteur de gauche est décroché, la sonnerie est mise hors circuit et la ligne est établie.



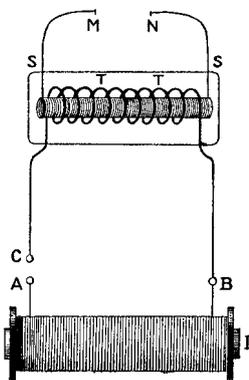
H : 17 - L : 17 - L : 16

285 TRANSFORMATEUR DE TESLA

Fonction ➤ Obtenir des courants de haute fréquence et de haute tension dits «courants de Tesla».

Description ➤ Il se compose d'une forte bobine d'induction (I) dont une des bornes est reliée directement à l'éclateur (A) et l'autre à l'éclateur (C) par l'intermédiaire du gros fil (T) d'un transformateur élévateur de tension, dépourvu de fer doux, noyé dans l'huile.

Mode opératoire ➤ On branche la bobine d'induction (I) à un générateur. Quand l'étincelle éclate entre (A) et (C), elle est oscillante, et le circuit (T) est parcouru par un courant alternatif de très grande fréquence et de potentiel déjà très élevé. Il naît alors, par induction, dans le secondaire (SS), un autre courant de même fréquence et de très haute tension dit «courant de Tesla».



H : 34 - L : 40 - L : 30



Remarque

Les effets d'induction de ces courants sont curieux : un tube de verre, contenant un gaz raréfié et tenu à la main, s'illumine si on l'approche, sans le toucher, d'un des pôles (M) ou (N) du secondaire. Ces courants peuvent traverser le corps humain, malgré leur haute tension, sans produire de sensation. Le courant passe bien à travers le corps, puisqu'on peut allumer une lampe placée dans le circuit du secondaire en série avec l'observateur. Cette innocuité des courants de haute fréquence les fait utiliser en thérapeutique.

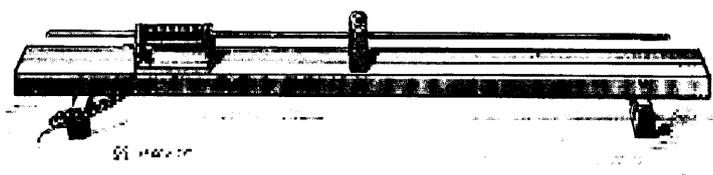
constructeur
E. DUCRETET, PARIS
RUE CLAUDE BERNARD, 5

286 APPAREIL DE WERTHEIM

Loi ou phénomène ⚡ Production d'un son par l'électricité.

Description ⚡ Une barre cylindrique en fer doux est serrée par le milieu dans un étau, sur un support en bois. Une bobine électrique de fil mince isolé est enfilée sur l'une des extrémités.

Expérience ⚡ Si on relie la bobine à une pile, par exemple de type Daniell, aussitôt que le courant traverse la bobine, la barre de fer commence à émettre un son.



H : 12 - L : 75 - L : 12

constructeur
E. DUCRETET & CIE À PARIS

287 POSTE RÉCEPTEUR DE TÉLÉPHONIE SANS FIL DUCRETET 6 lampes (B.E.F.L.) forme piano 1924

Fonction ➤ Réception à grande distance des émissions de téléphonie sans fil sur une échelle de longueurs d'onde s'étendant de 275 à 4000 mètres.

Description ➤ Ce poste récepteur comporte :

- Un dispositif d'accord principal composé d'une inductance réglable par plots et d'un condensateur variable.
- Un amplificateur haute fréquence à 3 lampes triodes avec réaction magnétique et rhéostat de chauffage des filaments.
- Un amplificateur basse fréquence à 3 lampes triodes avec un étage à transformateur à circuit magnétique fermé, et deux étages à inductances. Un rhéostat à plots permet de régler le chauffage des lampes et un jeu de 3 commutateurs sert à mettre en service 1,2 ou 3 lampes en basse fréquence.

Fⁿ 287 76/a Reg. Com. Scine 35.123 N° 298

S^{té} des Établissements Ducretet

MAISON ERNEST HOUBERT ET C^o D^o DE MESURES REUNIES

75, Rue Claude-Bernard, PARIS (V^e)

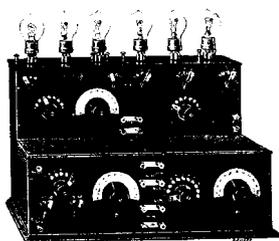
POSTE RÉCEPTEUR DE TÉLÉPHONIE SANS FIL

Réception de tous les concerts
y compris ceux émis par l'École Supérieure des Postes
et Télégraphes et les concerts anglais

Poste complet à 6 lampes (B.E.F.L.) forme piano

3 Lampes haute fréquence --- 3 Lampes basse fréquence

Réception au casque ou en Haut-Parleur



Poste Récepteur complet à 6 lampes

Mode opératoire ➤ On relie le poste à l'antenne, à la terre et au haut-parleur ainsi qu'à une batterie 4V de chauffage des filaments. La batterie de piles de 80 V nécessaire à l'alimentation des circuits de plaque est placée et reliée à l'intérieur du poste. Il suffit alors de s'accorder sur la longueur d'onde à recevoir.



H : 44 - L : 49 - L : 21

constructeur
DUCRETET À PARIS

288 TÉLÉPHONE HAUT-PARLEUR G. LAKHOVSKY

Fonction ➤ Accroître l'intensité des sons téléphoniques, afin de les faire entendre par tout un auditoire.

Description ➤ La membrane de ce haut-parleur à double paroi est remplie par une couche d'huile. Le pavillon, le boîtier et tous les accessoires sont également amortis selon le même procédé.



H : 53 - D : 32

constructeur
G. LAKHOVSKY
N° 434A BREVÉTÉ S.G.D.G.

290 COMMUTATRICE RADIGUET

H : 18 - L : 18 - L : 16

constructeur
RADIGUET & MASSIOT, CONSTRUCTEURS

291 DYNAMO GRAMME

H : 24 - L : 21 - L : 21

292 CONVERTISSEUR DUCRETET
triphase

H : 23 - L : 30 - L : 25

constructeur
E. DUCRETET, PARIS
RUE CLAUDE BERNARD, 75

293 MOTEUR TRIPHASÉ DUCRETET

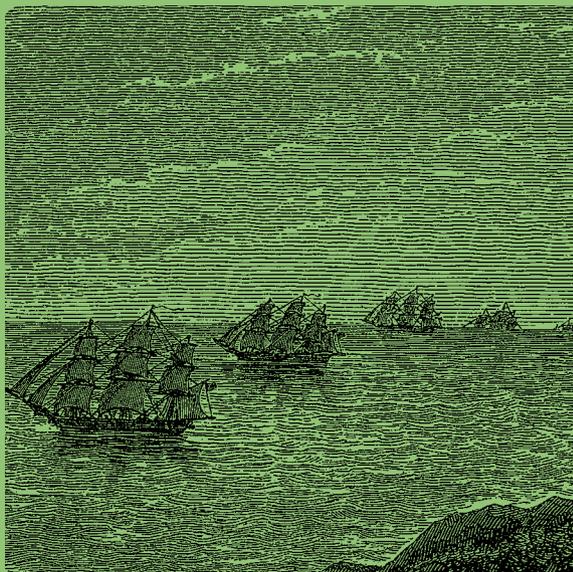
H : 15 - L : 18 - L : 15

constructeur
E. DUCRETET À PARIS**294** BOUILLOIRE ÉLECTRIQUE

H : 16 - L : 24 - D : 13



ASTRONOMIE



L'astronomie s'attache à l'observation et à l'analyse des mouvements des astres, l'astrophysique est une partie de l'astronomie qui étudie la nature physique, la formation et l'évolution de ces astres.

L'astronomie est certainement une des plus anciennes sciences de la nature et de ce fait a bénéficié de l'apport des autres disciplines qu'elle contient toutes notamment la physique.

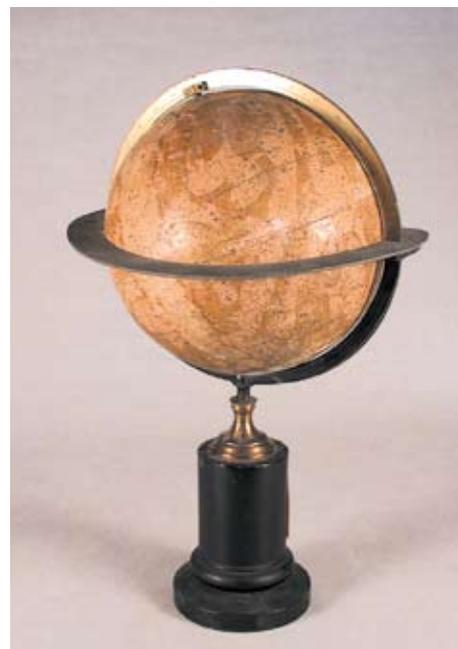
Vers 140 de notre ère, Ptolémée présente le premier système cohérent de l'univers, en plaçant la terre au centre du monde. Malgré cette erreur fondamentale son œuvre fera autorité pendant tout le Moyen-Âge. C'est seulement en 1543 que Copernic propose un autre système du monde dans lequel la terre comme les autres planètes tourne autour du soleil. De 1609 à 1619, le célèbre élève de Tycho Brahé, Képler établit les lois du mouvement des planètes tandis que, parallèlement, Galilée utilise une invention récente : la lunette astronomique qui lui permet de faire de nombreuses découvertes : les quatre satellites de Jupiter, les montagnes de la lune...

En 1687, Newton établit les lois de la mécanique céleste en déduisant le principe de la gravitation universelle de ses observations et des travaux de Képler et Galilée.

De nos jours, les techniques spatiales ouvrent de grandes perspectives pour une connaissance de plus en plus profonde de notre univers et de son histoire au point qu'on pourra peut-être résoudre la grande question : où commence et où finit l'univers ?

295 GLOBE CÉLESTE

- Fonction** ✦ Permettre de résoudre des problèmes cosmographiques tels que ceux qui se rapportent au lever et coucher des étoiles.
- Description** ✦ C'est une sphère sur laquelle sont représentées les positions relatives des principales étoiles, avec l'indication des constellations auxquelles elles appartiennent. Elle est mobile autour de la ligne des pôles ; les extrémités de l'axe de rotation reposent en deux points diamétralement opposés sur la circonférence d'un cercle vertical qui représente le méridien du lieu. Ce cercle vertical peut se mouvoir dans son plan autour de son centre, de manière à prendre toutes les positions possibles par rapport à un cercle horizontal fixe qui représente l'horizon du lieu.



H : 50 - D : 28



Remarque

Pour utiliser correctement ce globe, il suffit de s'imaginer être en son centre et regarder vers les étoiles.

constructeur
«APPROUVÉ PAR L'UNIVERSITÉ»
DELAMARCHE
23, RUE SERPENTE, PARIS

296

SPHÈRE TERRESTRE ARDOISÉE

Fonction ✦ Permettre de modéliser des phénomènes concernant l'ensemble Soleil-Terre-Lune.

Description ✦ C'est une sphère tournant sur un axe incliné par rapport à la verticale (comme celui de la Terre) et fixé sur un support de bois. Sur le globe, sont tracés un certain nombre de méridiens et de parallèles régulièrement répartis et la surface ardoisée permet d'y dessiner à la craie.

Mode opératoire ✦ Lorsque la sphère ardoisée est éclairée par une lampe placée à une certaine distance et à hauteur du milieu de son axe, la rotation autour de ce dernier permet de modéliser la rotation de la Terre, l'existence des jours et des nuits et les différences de leur durée.

En déplaçant horizontalement la sphère autour de la lampe jouant le rôle du Soleil, la sphère ardoisée permet de modéliser les saisons et de montrer l'influence respective de la latitude et de la longitude.

En utilisant une autre sphère bien plus petite et posée sur un pied, que l'on fait tourner autour de la sphère ardoisée, on peut modéliser les éclipses de la Lune et du Soleil.



H : 52 - D : 26

utile

297

SPHÈRES ARMILLAIRES : Système géocentrique de Ptolémée

La vision du monde décrite par Aristote a perduré jusqu'au XVII^{ème} siècle. C'est une vision géocentrique bien décrite par Claude Ptolémée d'Alexandrie dans son *Almageste* (II^{ème} siècle ap. J.-C.).

Pour aider à l'interprétation des phénomènes observés (éclipses, mouvement des astres...) on a construit 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.

Schema huius praeiustae divisionis Sphaerarum.

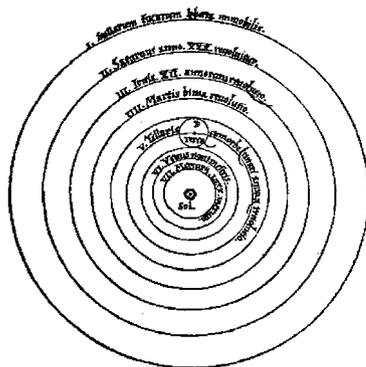


H : 53 - D : 33

298 Système héliocentrique de Copernic

En 1543, à Nuremberg, paraît «*Sur la révolution des orbites célestes*» de Nicolas Copernic. C'est la naissance de l'héliocentrisme qui va avoir du mal à s'imposer. Les sphères armillaires évoluent et donc présentent maintenant le Soleil au centre du système mécanique.

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



H : 52 - D : 32
«MONTÉ PAR L'AUTEUR»

Hommes de sciences cités dans l'ouvrage

ADER (Clément), ingénieur français (1841-1925). Il gagna une fortune considérable en perfectionnant le téléphone et en construisant le célèbre «poste Ader» qui aura tant de succès. Il engloutira toute sa fortune dans l'aviation. En 1886, il construisit «Eole», une sorte de grande chauve-souris de 258 kg, de 6,5 m de longueur, de 14 m d'envergure et, munie d'un moteur à vapeur. Le 9 octobre 1890, il roula avec cet appareil (qu'il appellera en 1897 «avion») et sur 50 m s'éleva de terre. En octobre 1897, à Satory, par un temps détestable et un vent très fort, son «Avion III» (conservé au Conservatoire national des arts et métiers) quitta le sol sur 300 m, mais ses détracteurs eurent raison et il se retira à Muret, victime de l'indifférence de ses contemporains. On le considère comme le «père de l'aviation».

ÆPINUS (Franz Ulrich Théodor HOCH, dit), physicien et médecin allemand (1724-1802). Il se rendit célèbre par ses recherches en électrostatique et magnétisme.

ALLUARD (Émile), physicien français (1815-1908). Il inventa un hygromètre à condensation. Il fut le fondateur de l'observatoire météorologique du Puy de Dôme.

AMICI (Giovanni Battista), astronome et opticien italien (1786-1863). Il inventa un microscope catadioptrique, une lunette méridienne, une équatoriale, divers instruments de nivellement et un spectroscope à prismes à vision directe.

AMPERE (André-Marie), mathématicien et physicien français (1775-1836). Il inventa le galvanomètre, le télégraphe électrique et, avec Arago, l'électroaimant. Il contribua aux bases de l'électrodynamique par ses études des actions réciproques des courants et des aimants et des courants entre eux. L'unité d'intensité de courant électrique porte son nom.

ARAGO (François), astronome et physicien français (1786-1853). Il effectua de nombreux travaux sur l'électromagnétisme, la polarisation de la lumière et la vitesse du son.

ARCHEREAU (Henri Adolphe), physicien français (1819-1893). Il est l'auteur de nombreuses inventions mais mourut dans la misère : la vidange atmosphérique (1842), la première application de la lumière électrique à l'éclairage grâce à un régulateur imaginé par lui, l'agglomération des débris de charbon (1858) d'où était née une lucrative industrie, le ciment agglomérateur pour la production des pierres artificielles (1861), la fabrication du charbon artificiel...

ARCHIMÈDE, *savant de l'Antiquité né en Sicile (287-212 av. J.C.) Il étudia le levier, imagina la vis sans fin et les roues dentées. Il découvrit le principe d'hydrostatique qui porte son nom.*

ARISTOTE, *philosophe grec (384-322 av. J.C.), précepteur célèbre d'Alexandre le Grand.*

ARSONVAL (Arsène d'), *docteur en médecine, physicien français (1851-1940). Il construisit en 1882 le galvanomètre aperiodique à cadre mobile en collaboration avec Deprez. Il perfectionna le téléphone, inventa une pile impolarisable, la bouteille à double paroi vide que Dewar rendra réfléchissante... Il institua le traitement médical à haute fréquence (d'Arsonvalisation).*

ATWOOD (George), *physicien anglais (1746-1807). Il inventa en 1784 une machine pour l'étude de la chute des corps. Il mena des recherches sur les temps d'oscillation du balancier des montres et sur la stabilité des corps flottants.*

BABINET (Jacques), *physicien français (1794-1872). Il inventa un hygromètre, le robinet à trois voies de la machine pneumatique, un goniomètre, un polariscope, un compensateur pour les rayons polarisés, un système de projection dit homalographique pour la confection des cartes géographiques. Professeur au Collège de France en 1838, il fut élu à l'Académie des Sciences en 1840 et devint astronome adjoint du Bureau des longitudes.*

BACON (Roger), *philosophe et savant anglais (1220-1292). Curieux de tout, il célébra la science expérimentale comme la maîtresse de toutes les sciences.*

BARLOW (Peter), *physicien et mathématicien anglais (1776-1862). Il étudia la construction des objectifs achromatiques. Il imagina, en 1828, un moteur électrique constitué par une roue dentée recevant des courants dans le champ magnétique d'un aimant.*

BAUME (Antoine), *pharmacien et chimiste français (1728-1804). Il inventa l'aréomètre qui porte son nom..*

BECQUEREL (Antoine César), *physicien français (1788-1878). Professeur de physique au Museum d'Histoire Naturelle, il découvrit, en 1817, la piézoélectricité et inventa, en 1829, la première pile constante à deux liquides qui fut répandue par Daniell. Il découvrit aussi l'existence des corps diamagnétiques en 1827, la pile photovoltaïque en 1839, les phénomènes électro-capillaires en 1867.*

BECQUEREL (Edmond), *physicien français (1820-1891). Nommé en 1852 à la chaire de physique du Conservatoire des arts et métiers, il succéda à son père Antoine César comme professeur de physique au Museum d'Histoire Naturelle. En 1842, il emploie la plaque Daguerre à l'étude du spectre solaire et, en 1847, il obtint une photographie du spectre solaire. Il étudia la phosphorescence provoquée par l'étincelle électrique et par l'insolation avec un phosphoroscope de son invention. Il utilisa ce phénomène pour mettre en évidence le spectre infrarouge. Il étudia les dépôts sensibles à la lumière et inventa un actinomètre. Il réalisa, en 1866, les premières mesures de température à l'aide de la pile thermoélectrique et établit un classement des métaux d'après les forces électromotrices de contact.*

BECQUEREL (Henri), *physicien français (1852-1908)*. Comme son père Edmond, il fut nommé professeur de physique au Museum d'Histoire Naturelle en 1892. Professeur à l'École Polytechnique en 1895, il découvrit, en 1896, le phénomène de radioactivité sur les sels d'uranium et aussi l'ionisation des gaz provoquée par ce rayonnement. Il a donné son nom à l'unité de radioactivité. Il fut élu membre de l'Académie des Sciences à 36 ans et en devint le secrétaire perpétuel en 1908. Il reçut le prix Nobel conjointement avec Pierre et Marie Curie, en 1903.

BELL (Alexander Graham), *inventeur et physicien américain (1847-1922)*. Professeur de diction notamment pour les sourds-muets, il fut nommé, en 1873, professeur de physiologie vocale à l'université de Boston. En tentant de faire entendre les sourds, il aboutit, en 1876, à l'invention du téléphone qui lui apportera la renommée. Il inventa aussi un photophone et un appareil pour détecter les objets métalliques dans le corps humain. Il eut aussi l'idée de substituer la cire aux feuilles métalliques qui étaient utilisées pour les disques de phonographe.

BERTIN (Pierre-Augustin), *professeur à Strasbourg (1818- 1884)*. Il étudia la polarisation rotatoire magnétique et détermina les indices de réfraction des lames minces.

BIOT (Jean-Baptiste), *physicien et astronome français (1774-1862)*. Il mena des recherches sur l'électromagnétisme, la météorologie et l'optique et découvrit la polarisation.

BLONDEL (André), *physicien français (1863-1938)*. Il étudia les sources lumineuses électriques pour l'éclairage des phares notamment. Il fit progresser considérablement la photométrie. En 1893, il imagina l'oscillographe à équipement mobile. Ses contributions essentielles portèrent sur l'électrotechnique : couplage d'alternateurs, moteurs électriques...Il s'occupa aussi de télégraphie sans fil, d'acoustique, de mécanique.

BOURBOUZE (Jean), *préparateur de physique et constructeur français (1826-1889)*. Il assista à la Sorbonne de nombreux savants comme Pouillet, Foucault...Il perfectionna la table d'Ampère, la machine d'Atwood. Il créa divers instruments dont un galvanomètre vertical de grande sensibilité qui porte son nom. Vers la fin de sa vie, il s'occupa de recherches sur la fabrication économique de l'aluminium.

BOURDON (Eugène), *ingénieur et industriel français (1808-1884)*. Il créa, en 1835, une usine pour la construction de machine-outils. Il créa, en 1849, le manomètre à spirale métallique ainsi que de nombreux appareils : baromètre anéroïde, tachymètre, horloge pneumatique...

BOUTIGNY (Pierre Hippolyte), *chimiste français (1838-1884)*. Il étudia les phénomènes de caléfaction et d'état sphéroïdal des corps auxquels son nom est resté attaché.

BOYLE (sir Robert), *physicien et chimiste anglo irlandais (1627-1691)*. C'est avec la machine pneumatique d'Otto de Guericke qu'il améliora avec Hooke, qu'il fit ses expériences sur l'élasticité de l'air et ses effets. Il trouva, en 1661, les éléments de la loi de compressibilité des gaz. En 1666, il fabriqua un baroscope plus sensible que celui d'Otto de Guericke. Il donna

l'explication du paradoxe hydrostatique et publia des expériences sur le froid. Il invita chez lui de nombreux savants qui constituèrent la base de la future Société royale.

BRAHE (Tycho), astronome danois (1546-1601). Ses observations précises de la planète Mars permirent à Kepler d'énoncer ses fameuses lois.

BREWSTER (sir David), physicien écossais (1781-1868). Il inventa un polarimètre qui lui permit l'étude de la polarisation et de la double réfraction dans les cristaux ainsi que des effets de leur compression ou dilatation. Le premier il donna les lois de la polarisation par réflexion et de la polarisation rotatoire. Il inventa aussi un stéréoscope par réfraction et le kaléidoscope. Enfin, il découvrit, dans le spectre solaire, les raies telluriques.

BUNSEN (Robert), chimiste et physicien allemand (1811-1899). Il inventa le brûleur à gaz qui porte son nom. En créant avec Kirchoff l'analyse spectrale, il découvrit que les raies du spectre sont caractéristiques des éléments chimiques.

CAGNIARD-LATOUR (Charles), physicien français (1777-1859). Il inventa la sirène en 1819 et étudia les vibrations sonores dans les liquides.

CAILLETET (Louis-Paul), physicien et industriel français (1832-1913). En 1882, il construisit une pompe lui permettant d'obtenir et de conserver des pressions de plusieurs centaines d'atmosphères et de liquéfier certains gaz comme l'oxygène et l'azote. Il a été élu membre de l'Académie des Sciences en 1884.

CARLISLE (sir Anthony), chirurgien et physiologiste anglais (1768-1840). Il découvrit, en 1800, avec Nicholson, la décomposition de l'eau par le courant électrique.

CARNOT (Nicolas Léonard Sadi), physicien français (1796-1832). Il énonça le premier des deux principes de la thermodynamique.

CARRÉ (Ferdinand), ingénieur français (1824-1894). Il inventa, en 1862, des appareils réfrigérants pour la production de glace, un régulateur photoélectrique, une machine électrostatique à influence. Il proposa l'application du froid au traitement des denrées alimentaires et à la fabrication d'eau douce à partir de l'eau salée.

CHANGY (de), ingénieur français (19^{ème} siècle). Ingénieur des Mines en Belgique, il inventa, en 1844, la lampe à incandescence dans le vide pour l'éclairage des mines mais ses appareils furent abandonnés car le fil de platine de la lampe fondait souvent et ils ne permettaient pas de détecter la présence de gaz comme les lampes de sécurité de Davy.

CHASSAGNY (Michel), professeur français, agrégé de sciences physiques (1865-1918). Ancien élève de l'École Normale Supérieure, il obtint l'agrégation en 1887, enseigna au Lycée Janson de Sailly, devint inspecteur d'académie de Paris en 1907 et inspecteur général en 1909. Il est l'auteur notamment d'un cours élémentaire de physique et d'un manuel théorique et pratique d'électricité pour le concours d'entrée à Polytechnique. Il mit au point plusieurs appareils

didactiques : un appareil pour démontrer les lois de l'électromagnétisme et de l'induction, un électroaimant pour l'étude des courants de Foucault, un galvanomètre mural à grandes amplitudes, un rhéostat...

CHLADNI (Ernest Florens Friedrich), physicien allemand (1756-1827). Il découvrit et étudia les vibrations longitudinales des cordes et des tiges et en déduisit la vitesse de propagation du son dans divers solides. Vers 1800, il mena des recherches expérimentales sur les vibrations des plaques et sur les figures auxquelles elles donnent lieu. Il fut aussi le premier à avoir déterminé la vitesse du son dans différents gaz ainsi que la limite des sons audibles. Il inventa divers instruments de musique.

CLARKE (Henry Hyde), ingénieur et philologue anglais (1815-1895). Comme philologue et linguiste, il fut remarquable car il parlait couramment quarante langues et dialectes et en comprenait une centaine. Comme inventeur il est connu par les perfectionnements qu'il apporta à la machine d'induction de Pixii.

COPERNIC (Nicolas), astronome polonais (1473-1543). Il bouleversa les données de l'astronomie en montrant que les planètes tournaient autour du Soleil en tournant sur elles-mêmes. Galilée vérifia sa théorie en 1610.

COULOMB (Charles de), physicien français (1736-1806). Il découvrit en 1785 la loi fondamentale sur les actions électrostatiques et magnétiques.

CROOKES (Sir William), physicien et chimiste anglais (1832-1919). Il imagina le radiomètre en 1872, inventa les tubes électroniques à cathode froide. Il découvrit, en 1878, que les rayons cathodiques sont formés de particules électrisées négativement.

DANIELL (John Frederic), physicien et chimiste anglais (1790-1845). Il inventa en 1820 un hygromètre à condensation et en 1830, un pyromètre. En 1836, il mit au point une pile qui porte son nom, à force électromotrice constante à deux liquides.

DAVY (sir Humphry), chimiste et physicien anglais (1778-1829). Il effectua de nombreux travaux sur l'électrolyse et découvrit le phénomène de l'arc électrique.

DEPREZ (Marcel), physicien et électricien français (1843-1918). En 1882, il créa, avec son collaborateur D'Arsonval, le galvanomètre aperiodique à cadre mobile. La même année, il mit au point un système de transfert de l'énergie électrique. En 1898, il créa un électrodynamomètre absolu.

DEWAR (sir James), physicien et chimiste écossais (1842-1923). Professeur à l'université de Cambridge, il détermina la chaleur spécifique du charbon à haute température, étudia la phosphorescence de diverses substances, l'absorption des gaz par le charbon de bois aux basses températures. Il réalisa la liquéfaction de l'hydrogène en 1896 et perfectionna le vase de D'Arsonval à double paroi de verre sous vide en rendant réfléchissantes les parois.

DRUMMOND (Thomas), ingénieur écossais (1797-1840). En 1820, il créa une lumière éclatante appelée « lumière oxyhydrique » obtenue en projetant sur un bâton de chaux la flamme d'un mélange oxygène-hydrogène.

DUCRETET (Eugène), industriel et savant français (1844-1915). Il fonda en 1864 une maison d'appareils de précision de renommée internationale. En 1897, il conçut et réalisa le premier dispositif français, d'emploi pratique, de télégraphie sans fil. Il réussit la première liaison radiotélégraphique en 1898 et radiotéléphonique en 1900.

DU FAY (Charles-François de CISTERNAI), physicien français (1698-1739). Il découvrit l'existence de deux types d'électrisation, «résineuse» et «vitrée». Il étudia les phénomènes d'attraction et de répulsion électrostatiques ainsi que la transmission des charges dans les conducteurs.

DULONG (Pierre-Louis), médecin, chimiste et physicien français (1785-1838). Il découvrit, en 1812, le chlorure d'azote. Avec Petit, en 1829, il réalisa des mesures sur la dilatation notamment du mercure, détermina les vitesses du son dans différents gaz. Il inventa le cathétomètre. Avec Arago, il fournit les données scientifiques nécessaires à l'élaboration de la loi sur les machines à vapeur. Professeur à l'École Polytechnique, il entra à l'Académie des Sciences en 1823.

DUMAS (Jean-Baptiste), chimiste français (1800-1884). Il fonda, en 1829, l'École centrale des Arts et Manufactures. Professeur à la faculté des sciences de Paris, à la faculté de médecine, il entra à l'Académie des Sciences en 1832. Il devint député en 1849, ministre en 1850, et sénateur. En 1875, il fut élu à l'Académie Française. Il réalisa de très importants travaux de physique et de chimie, mesura, en 1827, les densités des gaz et des vapeurs et mit au point la méthode de dosage du carbone, de l'azote et de l'hydrogène. Il publia plusieurs ouvrages dont notamment ses «Leçons de philosophie chimique professées au Collège de France».

DUTROCHET (René Joachim Henri), médecin, physiologiste, physicien français (1776-1847). Il étudia la structure cellulaire des végétaux et leur reproduction. Il découvrit notamment le phénomène d'osmose et son rôle dans la vie des plantes. Il fut élu à l'Académie des Sciences, en 1831.

EDISON (Thomas Alva), inventeur américain (1847-1931). Ses plus célèbres inventions sont le phonographe en 1877 et la lampe à incandescence vers 1878. En 1883, il découvrit l'émission d'électrons par des métaux incandescents.

FAHRENHEIT (Daniel Gabriel), physicien allemand (1686-1736). En 1709, il construisit des thermomètres précis, substitua le mercure à l'alcool en 1715 et fut à l'origine de l'échelle de température qui porte son nom. En 1724, il imagina aussi un aréomètre à poids.

FARADAY (Michael), physicien et chimiste anglais (1791-1867). Il mit en évidence l'induction électromagnétique (1831), énonça les lois de l'électrolyse et étudia l'électrostatique.

FORTIN (Jean-Nicolas), mécanicien français (1750-1831). Il inventa le baromètre transportable qui porte son nom et perfectionna de nombreux appareils de physique.

FOUCAULT (Léon Jean-Bernard), physicien français (1819-1868). En autodidacte, il commença par perfectionner les procédés de Daguerre et travailla ensuite avec Fizeau et Arago. Nommé physicien de l'Observatoire en 1855, il devint membre du Bureau des Longitudes en 1862 et de l'Académie des Sciences en 1865. Avec Fizeau, il détermina, en 1850, la vitesse de

la lumière dans divers milieux par la méthode du miroir tournant. Il inventa un régulateur pour arc électrique. Il expliqua le magnétisme de rotation d'Arago par l'existence de courants induits qui portent son nom. En 1851, il montra le mouvement continu de rotation du plan d'oscillation d'un pendule servant à démontrer le mouvement terrestre. En 1852, il inventa le gyroscope et en développa la théorie.

FRANKLIN (Benjamin), philosophe, physicien et homme politique américain (1706-1790). Spécialiste d'électrostatique, il découvrit le pouvoir des pointes et énonça le principe de conservation de l'électricité. Il inventa en 1752 le paratonnerre.

FRAUNHOFER (Joseph Von), opticien et physicien allemand (1787-1826). Il inventa le spectroscope qui lui permit de repérer en 1814 les raies du spectre solaire.

FRESNEL (Augustin), physicien français (1788-1827). Il inventa des dispositifs donnant des interférences lumineuses dont il fera l'étude théorique. Il inventa aussi les lentilles pour phares.

FROMENT (Gustave), ingénieur français (1815-1864). Il imagina, en 1843, un moteur électrique à vocation industrielle. Il réalisa le premier télégraphe à cadran en 1843, le télégraphe imprimant de Hughes en 1856, le pantélégraphe de Casselli en 1861, le métier Bonelli à tisser la soie, le pendule et le gyroscope utilisés par Foucault ainsi que le miroir tournant que ce dernier utilisa pour déterminer la vitesse de la lumière.

GALILÉE (Galileo GALILEI, dit), physicien et astronome italien (1564-1642). Il établit les lois de la chute des corps grâce à son plan incliné. Il construisit l'un des premiers microscopes et réalisa en 1609 la fameuse lunette qui porte son nom et avec laquelle il fit de fructueuses observations.

GALVANI (Luigi), physiologiste et médecin italien (1737-1798). Il attribua le phénomène de contraction de la cuisse d'une grenouille sous l'effet d'un métal à une forme d'électricité animale. Les débats passionnés entre lui et Volta permirent à ce dernier de découvrir la pile électrique.

GAUSS (Carl-Friedrich), mathématicien et physicien allemand (1777-1855). Il s'intéressa à de nombreux domaines de la science et notamment en physique, au magnétisme et à l'optique.

GAY-LUSSAC (Louis-Joseph), physicien et chimiste français (1778-1850). Il énonça les lois de la dilatation des gaz et la loi volumétrique des combinaisons chimiques gazeuses.

GEISSLER (Heinrich), physicien allemand (1814-1879). Après s'être perfectionné sous la direction de Plücker, il fonda une fabrique d'appareils de physique et de chimie de renommée internationale. Il obtint des phénomènes lumineux en faisant jaillir une étincelle entre les électrodes d'une série de tubes de verre contenant des gaz raréfiés.

GILBERT (William), médecin et physicien anglais (1544-1603). Il créa le premier électroscope et distingua les isolants des conducteurs. Il découvrit l'aimantation par influence, l'inclinaison magnétique.

- GOWER (Frederic Allen)**, ingénieur américain (1851- ?). En 1878, il rejoignit les ingénieurs Louis Bréguet et Cornelius Roosevelt pour mettre au point un nouveau téléphone et un réseau de câbles et sonneries pour en préparer l'exploitation commerciale sous le nom de la Compagnie des Téléphones Gower.
- GRAVESANDE (William Jacob S')**, physicien néerlandais (1688-1742). Il imagina l'anneau qui porte son nom pour étudier la dilatation cubique des solides.
- GUERICKE (Otto Von)**, physicien allemand (1602-1686) né à Magdebourg. Il inventa en 1650 une machine pneumatique pour faire le vide, il mit en évidence la pression atmosphérique grâce à la célèbre expérience des hémisphères de Magdebourg en 1654. Il inventa aussi la première machine électrostatique.
- HALDAT DU LYS (Charles Nicolas-Alexandre)**, physicien français (1770-1852). Médecin militaire puis professeur de physique à Nancy, il devint inspecteur de l'université puis directeur de l'école secondaire de médecine de Nancy. Il est surtout connu par l'appareil d'hydrostatique qui porte son nom.
- HAUKSBEE ou HAWKS BEE (Francis)**, physicien anglais (1670-1713). Il perfectionna la machine pneumatique à double piston et compléta les expériences d'Otto de Guericke sur l'affaiblissement du son dans le vide. En 1706, il réalisa une machine électrostatique à cylindre de verre tournant frotté à la main.
- HAÛY (abbé René Just)**, minéralogiste français (1743-1822). Il est considéré comme le créateur, en 1784, de la cristallographie notamment par la publication de son «essai d'une théorie sur la structure des cristaux». Il est aussi l'auteur d'un traité élémentaire de physique, en 1803. Il fut élu à l'Académie des Sciences, en 1783.
- HELMHOLTZ (Hermann Von)**, physiologiste et physicien allemand (1821-1894). Médecin militaire à Potsdam, il enseigna, à partir de 1848, l'anatomie et la physiologie à Königsberg, à Bonn et à Heidelberg, et fut chargé d'une chaire de physique à l'université de Berlin en 1871. Ses importants travaux sur l'optique, l'électricité, l'acoustique ont fait de lui un des plus grands savants du 19^{ème} siècle. Ses travaux sur le timbre et le rôle des harmoniques dans la formation des gammes révolutionnèrent l'acoustique, ceux sur les sensations relatives à la vue et à l'ouïe furent tout aussi remarquables. Il inventa l'ophthalmoscope qui permet l'observation de la rétine.
- HENLEY (William)**, (? – 1779). En 1772, il fabriqua un électromètre à cadran. Il montra en 1774 que la vapeur est conductrice de l'électricité.
- HERTZ (Heinrich)**, physicien allemand (1857-1894). Avec un oscillateur de sa conception, il produisit, en 1887, des ondes électromagnétiques qui possèdent toutes les propriétés de la lumière confirmant ainsi la théorie électromagnétique de la lumière de Maxwell. En 1892, il observa le passage des électrons à travers la matière. Professeur à l'École technique supérieure de Karlsruhe, il fut nommé à l'université de Bonn en 1889. Il était membre d'un grand nombre d'académies et de sociétés savantes. On donna son nom à l'unité de fréquence.

HOOKE (Robert), *mathématicien, astronome et mécanicien anglais (1635-1703)*. Professeur de géométrie et de mécanique à Londres et secrétaire de la Société royale, il intervint dans toutes les discussions des savants. On lui doit l'invention de l'échappement à ancre, celle de l'octant en 1674 et de nombreux instruments : micromètre, pluviomètre, arithmographe, le baromètre à roue... Son livre intitulé «*micrographia*», en 1665, sur le microscope attira toute l'attention de l'Europe scientifique. Son nom est immortalisé par la découverte de la «*loi de Hooke*» qui est le point de départ de la théorie de l'élasticité. Il étudia les lames minces, observa la diffraction de la lumière. Il fit construire des télescopes mus par un mouvement d'horlogerie. Il énonça, avant les publications de Newton, que les mouvements célestes sont régis par la force de gravitation, que l'attraction décroissait comme l'inverse carré de la distance...

HOPE (Thomas Charles Van), *chimiste écossais (1766-1844)*. Il montra en 1805 que la densité de l'eau est maximale à 4°C.

HOPKINS (William), *mathématicien et géologue anglais (1793-1866)*. Il inventa, vers 1835, le tube bifurqué pour détecter les changements de phase des sections adjacentes des plaques vibrantes de Chladni.

HUGHES (David Edward), *ingénieur américain (1831-1900)*. Il inventa en 1878 le microphone et s'intéressa particulièrement à l'électromagnétisme.

HUYGHENS (Christiaan), *physicien, mathématicien et astronome néerlandais (1629-1695)*. En astronomie, il découvrit notamment l'anneau de Saturne. En physique, il étudia la théorie ondulatoire de la lumière.

INGENHOUSZ (Jan), *médecin et botaniste néerlandais, puis britannique (1730-1799)*. C'est en 1789 qu'il présenta sa célèbre expérience sur la conductibilité thermique des métaux.

JAMIN (Jules), *physicien français (1818-1886)*. Professeur à l'École Polytechnique et à la faculté des sciences de Paris, il devint membre de l'Académie des Sciences en 1868, puis secrétaire perpétuel en 1884. Il étudia la réflexion métallique, l'absorption des radiations lumineuses, l'endosmose des gaz, les indices de réfraction des gaz.

JOUFFROY D'ABBANS (Claude François marquis de), *ingénieur français (1751-1832)*. Aidé d'un simple chaudronnier de village, il construisit, en 1778, un bateau propulsé par une machine à vapeur à simple effet qui actionnait «des rames articulées, imitant les procédés employés par les oiseaux aquatiques». Il remplaça les rames par une roue à aubes qui équipa un bateau de 46m qui remonta la Saône en 1783.

KEPLER (Johannes), *astronome allemand (1571-1630)*. Ses recherches l'amènèrent à énoncer les lois qui l'ont immortalisé et dont Newton sut dégager le principe de la gravitation universelle.

KINNERSLEY (Ebenezer), *électricien anglais (1711-1778)*. Il s'est associé à Benjamin Franklin pour mener un certain nombre d'expériences devenues célèbres sous le nom «*d'expériences de Philadelphie*». En 1748, il montra que l'électricité traverse l'eau et qu'il existait une électricité positive et une négative. En 1757, il inventa un thermomètre électrique et montra que la chaleur pouvait être produite par l'électricité.

KIRCHOFF (Gustav Robert), physicien allemand (1824-1887). Il inventa le spectroscopie à l'aide duquel il développa, avec Bunsen, l'analyse spectrale.

KNIGHT (Gowin), médecin anglais, bibliothécaire au British Museum, membre de la Royal Society (1713-1772).

KÖNIG (Karl Rodolphe), physicien français d'origine allemande (1832-1901). Il fonda une maison de fabrication d'instruments de musique. Il inventa en 1872 une capsule manométrique pour mettre en évidence par une flamme, les ventres de pression dans un tuyau sonore. Il inventa d'autres instruments d'acoustique comme un trombone pour l'étude des interférences et des ondes stationnaires, une sirène...

LA RIVE (Auguste de), physicien suisse (1801-1873). Professeur de physique à l'académie de Genève, en 1830, il se rendit à Paris puis à Londres pour revenir à Genève, sa ville natale, en 1836, pour y diriger la «Bibliothèque universelle de Genève». Il reprit les expériences d'Oersted et confirma les résultats fondamentaux de l'électromagnétisme. Il étudia les propriétés de l'arc électrique, les chaleurs spécifiques des gaz, fit les premiers essais de dorure galvanique.

LAVOISIER (Antoine Laurent de), chimiste français (1743-1794). Il énonça la loi de conservation de la masse, indiqua la composition de l'air (1777), de l'eau et du gaz carbonique, établit le rôle de l'oxygène dans les combustions. Il est un des créateurs de la chimie moderne.

LEROY (Julien), horloger français (1686-1759). Il perfectionna le compensateur des pendules, inventa les horloges publiques dites «horizontales», le cadran universel à boussole et à pinnules, le cadran horizontal universel propre à tracer les méridiennes...

LESLIE (sir John), physicien et mathématicien écossais (1766-1832). Professeur de mathématiques en 1804, puis de physique en 1819, à l'université d'Édimbourg, il inventa le thermomètre différentiel ainsi qu'un hygromètre et un photomètre. Il vérifia la formule d'équilibre de Laplace, des phénomènes de tension superficielle. Il est l'auteur notamment d'une «Géométrie analytique et Géométrie des lignes courbes», en 1809, traduite en français par Auguste Comte.

LICHTENBERG (Hans Georg), homme de science et écrivain allemand (1742-1799). Il s'intéressa à beaucoup de domaines : géophysique, astronomie, chimie, météorologie, mathématiques... Il étudia les décharges électriques et découvrit le principe de l'enregistrement électrostatique qui mènera à la photocopie moderne.

LISSAJOUS (Jules Antoine), physicien français (1822-1880). Il imagina, en 1857, un dispositif optique permettant d'étudier la composition de plusieurs mouvements vibratoires (courbes de Lissajous) et les vibrations transversales des lames élastiques. Il inventa un comparateur optique et, en 1870, un télégraphe optique.

MALUS (Étienne Louis), physicien français (1775-1812). Admis à l'École de Metz, écarté comme suspect, il s'engagea dans l'armée où il se fit remarquer par l'ingénieur des Ponts et Chaussées qui l'envoya à l'École polytechnique. Il participa aux campagnes d'Égypte et d'Allemagne. Il fut élu à l'Académie des Sciences en 1810 et devint directeur des études de l'École

polytechnique en 1811. Il découvrit, en 1808, la polarisation de la lumière par réflexion en observant, par hasard, à travers un cristal de spath, les rayons solaires réfléchis par une fenêtre du Palais du Luxembourg. Il en tira les conséquences dans un théorème et une loi qui portent son nom.

MAREY (Étienne), médecin et physiologiste français (1830-1904). Il perfectionna et inventa les appareils enregistreurs graphiques pour l'étude des phénomènes physiologiques : battements de cœur, contractions musculaires, marche... Il imagina la chronophotographie qui sera à la base de l'invention du cinématographe.

MARIOTTE (abbé Edme), physicien français (1620-1684). C'est en 1679 qu'il exposa la loi sur la compressibilité des gaz à laquelle on a donné son nom. Il s'occupa surtout des fluides mais aussi de la lumière, de mécanique et de météorologie.

MARLOYE (Albert), fabricant français d'instruments acoustiques notamment (1795-1874). Il fut l'assistant du physicien Félix Savart qui avait mené plusieurs recherches en acoustique. La société Secrétan reprit son entreprise vers 1855.

MASCART (Eleuter Élie), physicien français (1837-1908). Directeur, en 1871, du Bureau Central météorologique, il devint professeur au Collège de France en 1874 et membre de l'Académie des Sciences, en 1884. Il est l'auteur de plusieurs ouvrages : «Traité d'électricité statique» (1876), «La météorologie appliquée à la prévision du temps» (1881), «Leçons sur l'électricité et le magnétisme» (1882), «Traité d'optique» (1893), «Traité du magnétisme terrestre» (1900). Il créa un électromètre à quadrants qui porte son nom.

MASSON (Antoine), physicien français (1806-1860). Il construisit la première bobine d'induction qui a conservé à tort le nom de Ruhmkorff qui n'en était que le réalisateur. En 1854 il étudia les vibrations des fluides.

MAXWELL (James Clerk), physicien anglais (1831-1879). Il est l'auteur de la théorie électromagnétique de la lumière (1865).

MELLONI (Macédonio), physicien italien (1798-1854). Il inventa avec Nobili la pile thermoélectrique pour étudier la chaleur rayonnante.

MERSENNE (abbé Marin), philosophe et savant français (1588-1648). Il organisa des réunions scientifiques des plus grands savants qui donneront l'idée à Colbert de créer l'Académie des Sciences. Il utilisa le premier, en 1644, le pendule pour mesurer l'intensité de la pesanteur, inventa un hygromètre et un télescope à deux miroirs paraboliques. En acoustique, il découvrit les lois des cordes vibrantes et des tuyaux sonores, détermina la relation fréquences-notes de la gamme, mesura la vitesse du son...

MONCEL (Théodose, comte du), physicien français (1821-1884). Il perfectionna ou inventa de nombreux appareils électriques : l'anémographe électrique à calculateur, le régulateur électro-automatique de la température, le moniteur électrique pour les trains de chemin de fer ... Il est l'auteur de nombreuses publications de 1851 à 1883.

MORIN (Arthur), général et physicien français (1795-1880). Il inventa un appareil enregistreur de la chute des corps et mena de nombreuses expériences sur le frottement, la résistance de l'air et sur la pénétration des projectiles par le choc.

MORSE (Samuel Finley Breese), peintre et physicien américain (1791-1872). Il inventa, en 1832, le télégraphe électrique qui utilise le code qui porte son nom. La première liaison Washington Baltimore ne fut effective qu'en 1844.

MUSSCHENBROEK (Van Petrus), physicien hollandais né à Leyde (1692-1761). Professeur dans sa ville natale, il recherchait si l'eau pouvait conserver l'électricité, quand un de ses assistants reçut une violente décharge qui donna naissance à la fameuse bouteille de Leyde en 1745.

NATTERER (Johan August), médecin et physicien autrichien (1821-1900). Il détermina le point critique de divers gaz en chauffant dans un tube scellé qui porte son nom un liquide saturé à la pression ordinaire. Il liquéfia par compression l'oxyde nitrique et le gaz carbonique. Il étudia la compressibilité des gaz de 1300 à 2700 atmosphères.

NERNST (Walther), physicien et chimiste allemand (1864-1941). Professeur, en 1891, à l'université de Göttingen, puis, en 1905, à Berlin où il devint directeur de l'Institut de Physique, il inventa la lampe, qui porte son nom, à filament de terres rares rendu conducteur par chauffage préalable. A établi, en 1906, parmi ses nombreux travaux, le théorème selon lequel l'entropie d'un corps chimiquement homogène, solide ou liquide et sa capacité thermique sont nulles au zéro absolu. Il a aussi établi la proposition nommée depuis «troisième principe de la thermodynamique». Il obtint le Prix Nobel de chimie en 1920.

NEWCOMEN (Thomas), mécanicien anglais (1663-1729). Il eut l'idée de construire une machine à vapeur qui était faite de la réunion d'éléments déjà connus : cylindre, piston, vapeur produite par une chaudière. Il y ajouta une soupape d'admission et une commande automatique.

NEWTON (sir Isaac), physicien et mathématicien anglais (1642-1727). Il fit deux découvertes fondamentales : la gravitation universelle et la nature de la lumière blanche.

NOBILI (Léopoldo), physicien italien (1787-1835). Il inventa une pile thermoélectrique en 1830 avec laquelle il étudia, avec Melloni, le rayonnement infrarouge.

NONIUS (ou NUNEZ Pedro), mathématicien et astronome portugais (1492-1577). Il enseigna les mathématiques à l'université de Coïmbre. Il écrivit des ouvrages destinés aux navigateurs. Le livre intitulé «Des crépuscules» contient l'indication d'un procédé remarquable pour la graduation des instruments destinés à la mesure des angles, première idée du vernier.

NOLLET (abbé Jean Antoine), physicien français (1700-1770). Il inaugura un enseignement de la physique expérimentale. Il inventa le premier électroscope puis l'électroscope à feuilles d'or.

NÖRREMBERG (Johann Gottlieb), physicien allemand (1787-1862). Professeur à l'Académie militaire de Darmstadt, il fut nommé, en 1833, à l'université de Tübingen comme successeur de Bohnenberger et y développa des instruments d'optique dont le fameux appareil de polarisation qui porte son nom.

- NICHOLSON (William)**, *physicien et chimiste anglais (1753-1815). Il découvrit avec Carlisle, l'électrolyse de l'eau et inventa un aréomètre.*
- ØRSTED (Christian)**, *physicien danois (1777-1851). Il découvrit l'existence du champ magnétique créé par les courants (1820). Il étudia aussi la compression des solides et des liquides.*
- OHM (Georg)**, *physicien allemand (1789-1854). Il énonça en 1827, les lois fondamentales des courants électriques.*
- PAPIN (Denis)**, *physicien français (1647-1714). Il découvrit la force élastique de la vapeur. Il imagina en 1679 la marmite qui porte son nom, ancêtre de l'autoclave, pour lequel il inventa la soupape de sûreté.*
- PASCAL (Blaise)**, *mathématicien, physicien, philosophe et écrivain français (1623-1662). Doué d'un génie précoce il imagina à dix-neuf ans la première machine à calculer et consacra ses loisirs à de nombreuses expériences sur la pression atmosphérique, l'équilibre des liquides.*
- PETIT (Alexis)**, *physicien français (1791-1820). (voir DULONG Pierre Louis).*
- PLATEAU (Joseph)**, *physicien belge (1801-1883). Professeur à l'université de Gand, il inventa le phénakistiscope, en 1832, basé sur le phénomène de la persistance rétinienne et étudia les phénomènes capillaires présentés par les lames minces liquides. En 1843, il perdit la vue mais n'en continua pas moins son enseignement.*
- PLÜCKER (Julius)**, *mathématicien et physicien allemand (1801-1868). Il étudia, en 1865, les spectres des gaz raréfiés et observa la fluorescence produite par les rayons cathodiques et leur déviation par un aimant.*
- PONCELET (Jean-Victor)**, *général et mathématicien français (1788-1867). Il a inventé la roue hydraulique verticale à aubes courbes qui porte son nom. Il est l'auteur d'un traité de géométrie projective et un traité de mécanique. Il fut commandant de l'École Polytechnique et député à l'Assemblée Nationale.*
- POUILLET (Claude Servais Mathias)**, *physicien français (1790-1868). Il retrouva, en 1834, par la méthode expérimentale, les lois d'Ohm et dégagées les notions de force électromotrice et de résistance interne des générateurs.*
- PTOLEMÉE (Claude)**, *astronome et mathématicien grec (IIe s. après J.C.). Dans son ouvrage «Almageste» il exposa son système de l'univers selon lequel la Terre est fixe et est le centre de l'univers. Il construisit différents instruments d'astronomie.*
- RAMSDEN (Jesse)**, *physicien anglais (1735-1800). Il construisit des instruments de physique et d'optique comme, en 1766, une machine électrique à plateau de verre, des lunettes, des cercles divisés, des micromètres, une machine à diviser et inventa le théodolite.*
- REGNAULT (Henri-Victor)**, *physicien et chimiste français (1810-1878). Il effectua de nombreux travaux sur la compressibilité et la dilatation des fluides, les densités et chaleurs spécifiques des gaz.*

- RITCHIE (William)**, professeur ecclésiastique écossais (1790-1837). Il mena des expériences et observations sur la chaleur rayonnante vers 1824 et imagina en 1834 un dispositif pour obtenir un mouvement de rotation continu d'un électroaimant.
- ROCHON (Abbé Alexis-Marie du)**, astronome français de la marine, garde du cabinet de physique du Roi (1741-1817). Il inventa un micromètre à double image utilisé en astronomie, une machine à graver, un diasporamètre (1777) pour étudier les lunettes astronomiques à flint et liquides...
- RUMFORD (Sir Benjamin Thomson, comte de)**, physicien et chimiste américain 1753-1814). Il étudia les chaleurs de combustion et de vaporisation, détermina la température du maximum de densité de l'eau, la transmission de la chaleur dans les fluides. Il inventa un photomètre, un thermoscope et un calorimètre.
- RUHMKORFF (Heinrich Daniel)**, mécanicien et électricien allemand (1803-1877). Il construisit avec grande précision des instruments électromagnétiques comme la célèbre bobine d'induction imaginée par Masson et Breguet.
- SAUSSURE (Horace Bénédicte de)**, naturaliste et physicien suisse (1740-1799). Il imagina l'hygromètre à cheveu, l'électromètre à pointe...
- SAY (Horace)**, physicien français (vers 1800). Capitaine du Génie il participa à la campagne des savants en Égypte (1798-1801). Il imagina un stéréomètre. Il était le frère du célèbre économiste Jean-Baptiste Say (1767-1832).
- SCHWEIGGER (Johann Salomo Christoph)**, physicien allemand (1779-1857). En 1820, il construisit un multiplicateur qui constitue le premier galvanomètre.
- SEEBECK (Thomas Johann)**, physicien allemand (1770-1831). Il mena de remarquables travaux sur l'optique et une théorie des couleurs. En 1821, il découvrit la thermoélectricité et la pile thermoélectrique qui porte son nom.
- SEEBECK (Louis Friedrich)**, (fils de Thomas Johann Seebeck), physicien allemand (1805-1839). Professeur à l'université de Berlin en 1831, il fut nommé en 1843, directeur de l'Institut Technique à Dresde et, en 1849 professeur de physique à l'université de Leipzig. Il étudia particulièrement l'acoustique, la polarisation de la lumière, le daltonisme, la physiologie de la vue et de l'ouïe. Il inventa une sirène qui porte son nom.
- SENARMONT (Henri Hureau de)**, minéralogiste et physicien français (1808-1862). Professeur et examinateur de physique à l'École polytechnique, il fut en outre, professeur de minéralogie et directeur des études à l'École supérieure des Mines. Il étudia, en 1839, la réflexion de la lumière polarisée par une surface métallique, puis, en 1847, les propriétés optiques et calorifiques des cristaux, en 1851, des corps isomorphes et de nombreux autres sujets. Il fut admis à l'Académie des Sciences en 1852.
- SILBERMANN (Johann Théobald)**, physicien français (1806-1865). Préparateur de physique à la faculté de sciences de Paris jusqu'en 1848, fut alors nommé conservateur des collections du Conservatoire des arts et métiers. Il construisit des

appareils restés classiques tels que le banc de diffraction, le sympiezomètre, le cathétomètre, l'héliostat, le focimètre... il effectua de nombreux travaux sur la vitesse de la lumière et celle de l'électricité, inventa un pyromètre, un dilatomètre...

SOLEIL (Jean-Baptiste François), opticien français (1798-1878). Très habile, il réalisa les appareils inventés par Fresnel, Foucault, Arago...notamment un saccharimètre et un goniomètre.

STIRLING (Robert), Pasteur et inventeur écossais (1790-1878). Il imagina un moteur à air chaud et en déposa le brevet en 1816. Son frère James, ingénieur, industrialisa ce moteur en 1843. En 1938, la société Philips développa des applications dans le domaine automobile. De nos jours ces moteurs à combustion externe trouvent des applications dans la propulsion de sous-marins, comme cœur artificiel, comme source de courant dans la technologie spatiale.

TESLA (Nikola), physicien et inventeur yougoslave d'origine croate (1856-1943). Il inventa en 1888, le moteur à induction asynchrone à champ tournant. Il est surtout connu par la découverte de courants d'induction qui portent son nom. Ces courants, outre leurs propriétés remarquables, sont surtout intéressants à cause de leur fréquence.

TORICELLI (Evangelista), physicien italien (1608-1647). Elève de Galilée, il inventa le baromètre et découvrit les effets de la pression atmosphérique.

TREVELYAN (Arthur), écrivain écossais (1802-1878). Il découvrit, les phénomènes de vibrations et sons émis, dus au contact entre des corps de températures différentes, il en fit état à la Société Royale d'Edimbourg en 1829.

TYNDALL (John), physicien irlandais (1820-1893). Il réalisa de nombreux travaux sur le magnétisme, le diamagnétisme, la chaleur rayonnante, la thermoélectricité. En 1871, il découvrit le phénomène de regel de la glace qui lui permit d'expliquer la marche des glaciers. Il étudia aussi la diffusion de la lumière dans les suspensions colloïdales.

VERNIER (Pierre), géomètre français (1580-1637). Directeur général des monnaies au comté de Bourgogne, il publia un ouvrage en 1631 : «Construction, usage, et propriétés du quadrant nouveau de mathématiques» dans lequel il décrit l'instrument qui porte son nom.

VOLTA (Alessandro), physicien italien (1745-1827). Il inventa la première pile électrique en 1800.

WATT (James), ingénieur et mécanicien écossais (1736-1819). Il fut le premier à avoir construit un moteur à vapeur réellement opérationnel grâce à diverses améliorations brevetées en 1769. Les premières de ses machines furent mises en service en 1776. Il les perfectionna en 1780, en imaginant des dispositifs qui rendent leur mouvement plus uniforme.

WERTHEIM (Guillaume), physicien naturalisé français (1815-1861). Il étudia l'élasticité et la cohésion des solides, la vitesse du son dans les liquides, les sons produits par les courants électriques, la lumière dans les milieux rendus anisotropes par compression, flexion, torsion.

WHEATSTONE (sir Charles), *physicien anglais (1802-1875). Professeur au King's Collège, il inventa, en 1837, le kaléidoscope phonique et l'année suivante, le stéréoscope à réflexion. Il imagina un télégraphe électromagnétique à cadran et perfectionna la télégraphie et ses applications. En 1844, il inventa un appareil permettant de mesurer des résistances connu sous le nom de pont de Wheastone, un rhéostat, un photomètre, un pendule électromagnétique.*

Francis GIRES

Lexique

Accommodation : Faculté que possède l'œil de modifier sa convergence par déformation du cristallin.

Activité optique : Propriété que possèdent certaines substances et leurs solutions de faire tourner le plan de vibration de la lumière polarisée.

Agate : Forme naturelle de la silice. Très dure, utilisée pour les couteaux des balances, les mortiers etc. . .

Anode : Électrode positive. Conducteur d'entrée du courant dans l'électrolyse.

Astigmatisme : Défaut de sphéricité des lentilles ou de l'œil causé par l'existence de courbures différentes dans deux plans perpendiculaires entre eux. Les images formées présentent alors des distorsions.

Caléfaction : Phénomène qui se produit lorsqu'on projette des gouttelettes de liquide sur une surface très chaude : la couche de vapeur qui se forme au contact de la paroi isolant partiellement les gouttelettes, celles-ci sont animées de mouvements rapides et désordonnés.

Cathode : Électrode négative. Conducteur de sortie du courant dans l'électrolyse.

Chaleur spécifique d'une substance : Quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1°C la température de 1 g de la substance.

Champ électrique : Région de l'espace dans laquelle une charge électrique donnée exerce une action sur toute particule électrisée qui s'y trouve.

Champ magnétique : Région de l'espace dans laquelle, en tout point, une aiguille aimantée prend une direction bien déterminée.

Charbon de cornues : Dépôt dur, composé de carbone assez pur et amorphe, que l'on trouve sur les parois des cornues utilisées pour la distillation sèche de la houille dans la fabrication du gaz d'éclairage. C'est un bon conducteur d'électricité utilisé pour fabriquer des électrodes.

Collimateur : Tube comportant, à une extrémité, une lentille convexe, et à l'autre extrémité, une fente située dans le plan focal de cette lentille.

Cornue : Récipient en verre ou en porcelaine réfractaire comportant une grosse ampoule dont le goulot se rétrécit quelque peu vers l'extrémité.

Critique (température) : Température au-dessus de laquelle un gaz ne peut plus être liquéfié par simple augmentation de pression.

Crown : Variété de verre de silice (74%) riche en sodium, calcium, magnésium et potassium et largement utilisé en optique.

Déclinaison magnétique : C'est l'angle que forme un plan vertical contenant la direction d'une aiguille aimantée avec le plan vertical du méridien du lieu. Cette déclinaison est variable au cours du temps.

Déliquescence : Propriété de certains corps d'absorber l'humidité de l'air au point de se dissoudre dans l'eau absorbée.

Dextrogyre : Ce dit d'une substance qui fait tourner vers la droite, le plan de vibration d'une lumière polarisée, l'observateur faisant face à l'arrivée de la lumière.

Dichroïsme : Propriété de certaines substances d'offrir des colorations différentes suivant leur épaisseur et l'inclinaison des rayons transmis.

Distance focale : Distance du centre optique au foyer principal d'une lentille ou d'un miroir sphérique.

Ébonite : Matière isolante, noire, dure et cassante, produite par action de soufre sur le caoutchouc (environ 30% combiné).

Émeri : Utilisé comme abrasif, c'est un mélange, en poudre très fine de corindon (oxyde d'aluminium cristallisé presque aussi dur que le diamant) et d'oxyde de fer (en général de la magnétite Fe_3O_4)

Flint : Variété de verre de silice (57%) riche en plomb (30%), potassium et sodium. Ces verres sont en général plus dispersifs que les crowns.

Genou : Joint articulé souvent courbe.

Gutta-percha : Substance, ressemblant au caoutchouc non vulcanisé, qu'on tire du latex de certains arbres de Malaisie. C'est un polyisoprène d'aspect corné à la température ordinaire qui devient thermoplastique vers 70°C. On l'utilisait comme isolant et de plus elle résistait aux acides.

Lévogyre : Se dit d'une substance qui fait tourner vers la gauche, le plan de vibration d'une lumière polarisée, l'observateur faisant face à l'arrivée de la lumière.

Mouillant : voir tensio-actif

Nœud : lieu de minimum (déplacement, pression etc..) dans un système d'ondes stationnaires.

Parallaxe : Déplacement dans la position apparente d'un astre dû à un changement de position de l'observateur.

Pétrole (éther de) : Mélange d'hydrocarbures surtout composé de pentane et d'hexane et qui bout entre 30°C et 70°C.

Piézoélectricité : Certains cristaux asymétriques voient apparaître des charges positives et négatives sur leurs faces opposées lorsqu'on exerce une pression ou une traction sur ces faces.

Polarisation (de la lumière) : les ondes électromagnétiques qui composent en particuliers la lumière sont constituées de vibrations électriques (E) et magnétiques (H) qui se produisent dans les différents plans qui contiennent les rayons mais en restant toujours

perpendiculaires entre elles et à la direction de propagation. La polarisation consiste à éliminer toutes les vibrations électriques qui ne sont pas dans un plan dit de vibration. Par suite, les vibrations magnétiques sont limitées à un plan orthogonal dit plan de polarisation.

Pyroélectricité : Propriété qu'ont certains corps, par exemple la tourmaline, d'acquérir des charges électriques sur leurs faces opposées lorsqu'on élève la température.

Roder : User par frottement mutuel deux pièces qui doivent s'ajuster exactement (par exemple une ouverture et son bouchon). On utilise souvent pour cela de la poudre d'émeri.

Rotule : Articulation de forme sphérique.

Savart : Unité pratique d'intervalle musical. $H_{\text{savarts}} = 1000 \times \log_{10}(N/N_0)$ où N est la fréquence du son étudié et N_0 la fréquence du son de référence.

Spectre : Suite d'images d'une fente linéaire correspondant à la décomposition d'un ensemble de radiations suivant leurs différentes longueurs d'ondes

Thermoélectricité : Électricité produite par la conversion d'énergie thermique en énergie électrique.

Tourmaline : Minéral cristallisé composé de silicates de divers métaux et contenant du bore. Selon leur composition les cristaux manifestent des effets pyroélectriques, piézoélectriques ou optiques intéressants.

Ventre : Lieu de maximum (déplacement, pression, etc..) dans un système d'ondes stationnaires.

Vernier : Dispositif permettant d'apprécier avec plus de précision les subdivisions d'une échelle.

Wolfram : Ancien nom du tungstène

Jean-Pierre DEVALANCE

Bibliographie

- A. ANGOT**, Traité de physique élémentaire, *PARIS, Hachette et Cie, 1884, 2ème éd.*
- J. BASIN**, Physique, *PARIS, Vuibert et Nony, 1908, 4ème éd.*
- A. BETHENCOURT**, Physique, classe de philosophie, *PARIS, Librairie Hachette, 1933.*
- C. BLONDEL**, Histoire de l'électricité, *Pocket, 1994.*
- E. BOUANT**, Nouveau dictionnaire de chimie, *PARIS, J.-B. Baillière et fils, 1889.*
- E. BOUANT**, Leçons de chimie (notation atomique), *PARIS, F. Alcan, 1893.*
- E. BOUANT**, Cours de physique et de chimie, première année Écoles normales primaires d'instituteurs, *PARIS, Delalain frères, 1894, 5ème éd.*
- E. BOUANT**, Dictionnaire-manuel-illustré des sciences usuelles, *PARIS, A. Colin, 1903, 6ème éd.*
- E. BOUANT**, Éléments de physique, 2 vol., *PARIS, F. Alcan, 1905, 2ème éd.*
- E. BOUANT**, La physique et la chimie, Brevet élémentaire de capacité de l'enseignement primaire, *PARIS, Delalain frères, 1909, 18ème éd.*
- E. BOUANT et H. PARISELLE**, *Cours de physique, PARIS, F. Alcan, 1914.*
- E. BOUANT**, Physique des écoles normales d'institutrices et du brevet supérieur, *PARIS, E. Delalain, 1915, 5ème éd.*
- B. BOUTET DE MONVEL**, Notions de physique, *PARIS, Hachette et Cie, 1865, 7ème éd.*
- E. BRANLY**, Cours élémentaire de physique, *PARIS, Ch. Poussielgue, 1902, 4ème éd. - J. De Gigord, 1915, 7ème éd.*
- E. BRANLY**, Traité élémentaire de physique, *PARIS, J. De Gigord, 1924, 6ème éd.*
- H. BUIGNET**, Manipulations de physique, cours de travaux pratiques, *PARIS, J.-B. Baillière et fils, 1877.*
- L. CHANTELOUP**, Les trésors du Prytanée national militaire de La Flèche, *LE MANS, éditions de la Reinette, 2004.*
- M. CHASSAGNY**, Cours élémentaire de physique, *PARIS, Hachette et Cie, 1904, 4ème éd.*
- M. CHASSAGNY et F. CARRE**, Précis de physique, *PARIS, Hachette, 1912, 6ème éd.*
- M. CHASSAGNY**, Cours élémentaire de physique, *PARIS, Hachette, 1920, 8ème éd.*
- A. CHEVALIER**, Traité élémentaire de physique, d'après M. Gay-Lussac, *PARIS, Bibliothèque Populaire, 1849.*
- A. CLERC**, Physique et chimie populaires, *PARIS, J. Rouff, 1890.*
- P.A. DAGUIN**, Traité élémentaire de physique théorique et expérimentale, 4 vol., *TOULOUSE, E. Privat, PARIS, Dezobry & E. Magdeleine, 1861, 2ème éd.*
- G. DARY**, À travers l'électricité, *PARIS, Nony & Cie, 1900, 2ème éd.*

- M. DEGUIN**, Cours élémentaire de physique, 2 vol., PARIS, E. Belin, 1853, 8ème éd.
- M. DEGUIN**, Abrégé du cours élémentaire de physique, PARIS, E. Belin, 1853.
- E. DESBEAUX**, Physique populaire, PARIS, E. Flammarion, 1891.
- V. DESPLATS et C.-M. GARIEL**, Nouveaux éléments de physique médicale, PARIS, F. Savy, 1870.
- E. DRINCOURT et C. DUPAYS**, Traité de physique, PARIS, A. Colin, 1904, 9ème - 1905, 11ème éd.
- C. DRION et E. FERNET**, Traité de physique élémentaire, PARIS, V. Masson et fils, 1861, 2ème éd. – G. Masson, 1875, 5ème éd. – 1885, 10ème éd. – 1889, 11ème éd. – 1893, 12ème éd. – 1900, 13ème éd.
- S. DUCLAU**, La science populaire, physique expérimentale, (acoustique, optique), LIMOGES, E. Ardant et Cie, vers 1880.
- G. EVE**, Physique, classe de Mathématiques élémentaires, PARIS, Editions Magnard, 1939.
- F. *** des écoles chrétiennes**, Éléments de physique, TOULOUSE, Imprimerie L. Hébrail – A. Loubens, 1891.
- E. FERNET**, Cours de physique pour la classe de mathématiques spéciales, PARIS, G. Masson, 1886, 3ème éd.
- L. FIGUIER**, Principales découvertes scientifiques modernes, 4 vol., PARIS, Langlois et Leclercq & V. Masson, 1858, 5ème éd.
- L. FIGUIER**, Les merveilles de la science, PARIS, Furne, Jouvet et Cie, 1877.
- L. FIGUIER**, Les grandes inventions modernes, PARIS, Hachette et Cie, 1903, 13ème éd.
- A. GANOT**, Traité élémentaire de physique expérimentale et appliquée, PARIS, A. Ganot, 1853, 2ème éd. – 1854, 3ème éd. – 1857, 7ème éd. – 1866, 12ème éd. – 1868, 13ème éd. – 1874, 16ème éd. – 1876, 17ème éd.
- A. GANOT**, Traité élémentaire de physique, (cours entièrement refondu par G. Maneuvrier), PARIS, 1884, 19ème éd. – 1887, 20ème éd. – 1894, 21ème éd. – 1903, 22ème éd. – 1905, 23ème éd. – 1908, 24ème éd. – 1913, 25ème éd. – 1918, 26ème éd.
- A. GANOT**, Traité élémentaire de physique, (cours entièrement refondu par G. Maneuvrier et M. Billard), PARIS, 1931, 30ème éd.
- A. GANOT**, Cours de physique expérimentale et sans mathématiques, (à l'usage des gens du monde, ... , des pensions de demoiselles, etc.), PARIS, A. Ganot, 1866, 3ème éd. – 1878, 7ème éd.
- A. GANOT**, Cours de physique expérimentale et sans mathématiques, (à l'usage des lycées de jeunes filles et des candidats au baccalauréat ès lettres), (cours entièrement refondu par G. Maneuvrier), PARIS, Hachette et Cie, 1887, 9ème éd.
- GARIEL**, Cours de physique médicale, PARIS, F. Savy, 1892, 3ème éd.
- F. GIRES (sous la direction de)**, «PHYSIQUE IMPÉRIALE : cabinet de physique du Lycée Impérial de Périgueux», PÉRIGUEUX, Association de Sauvegarde et d'Étude des Instruments Scientifiques et Techniques de l'Enseignement, A.S.E.I.S.T.E., 2005.
- C. GLASER**, Traité de la chimie, PARIS, C. Glaser, 1667, 2ème éd.
- H. GOSSIN**, Cours de physique, PARIS, Hachette et Cie, 1887, 2ème éd.
- Abbé HAÜY**, Traité élémentaire de physique, 2 vol., PARIS, Bachelier, 1821, 3ème éd.
- F. HOEFER**, Dictionnaire de chimie et de physique, PARIS, Librairie de Firmin Didot frères, fils et Cie, imprimeurs de l'Institut de France, 1857, 3ème éd.
- N. HULIN**, L'organisation de l'enseignement des sciences, PARIS, comité des Travaux historiques et scientifiques, 1989.
- N. HULIN**, «caractère expérimental de l'enseignement de la physique XIXème – XXème siècles», Bulletin de l'Union des Physiciens n° 748 et 749, PARIS, 1992.

- N. HULIN**, «les instruments dans l'enseignement scientifique au XIX^{ème} siècle», *corps écrit (P.U.F.) n°35 p.39-43*.
- N. HULIN**, «Histoire des sciences et enseignement scientifique : quels rapports ? Un bilan XIX^{ème} – XX^{ème} siècles», *Bulletin de l'Union des Physiciens n° 786, PARIS, 1996*.
- N. HULIN (sous la direction de)**, Physique & humanités scientifiques, *LILLE, Septentrion, 2000*.
- N. HULIN (textes réunis par)**, *Études sur l'histoire de l'enseignement des sciences physiques et naturelles, LYON, ENS, 2001*.
- N. HULIN**, Les femmes et l'enseignement scientifique, *VENDÔME, P.U.F., 2002*.
- N. HULIN**, L'enseignement et les sciences, l'exemple français au début du XX^{ème} siècle, *PARIS, Vuibert, 2005*.
- N. HULIN et F. GIRES**, «PHYSIQUE CÔTÉ COURS» «cabinet de physique dans l'enseignement secondaire au XIX^{ème} siècle», *PÉRIGUEUX, Musée du Périgord, 1997*.
- R. KAEPPÉLIN**, Cours de physique, *PARIS, Jacques Lecoffre et Cie, libraires, 1851, 5^{ème} éd.*
- J. JAMIN**, Petit traité de physique, *PARIS, Gauthier-Villars, 1870*.
- J. JAMIN**, Cours de physique de l'École Polytechnique, *PARIS, Gauthier-Villars, 1891 tome1, 1886 tome 2, 1887 tome 3, 1890 tome 4, 4^{ème} éd.*
- J. LAGRANGE**, Le second Empire en Périgord, *Pilote 24, 1992*.
- J. LANGLEBERT et E.CATALAN**, Manuel du baccalauréat ès sciences, *tome 2, PARIS, Delalain frères, 1880*.
- J.-F. LAVOISIEN**, Dictionnaire portatif de médecine, *PARIS, T. Barrois, 1793*.
- L. MARGAT-L'HUILLIER**, Leçons de physique, *PARIS, Vuibert et Nony, 1907, 7^{ème} éd.*
- P. METRAL**, Cours de physique, pour les écoles primaires supérieures, *PARIS, Mason et Cie éditeurs, 1924*.
- C. NOBLE**, Éléments de mécanique et de physique, *PARIS, Librairie Vuibert, 1923*.
- Abbé NOLLET**, Leçons de physique expérimentale, *PARIS, Frères Guérin, 1745, tome 2, 2^{ème} éd. – 1745, tome 3, 1^{ère} éd. – 1748, tome 4, 1^{ère} éd., H.- L. Guérin & L.- F. Delatour, 1755, tome 5, 1^{ère} éd. – 1764, tome 6, 1^{ère} éd.*
- L.-J. OLMER**, Physique, classe de philosophie, *PARIS, J.De Gigord, 1934, 3^{ème} éd.*
- L.-J. OLMER**, Physique, classe de première, *PARIS, J.De Gigord, 1936, 4^{ème} éd.*
- H. PELLAT**, Leçons sur l'électricité, *PARIS, 1889*.
- PELLETAN**, Traité élémentaire de physique générale et médicale, *2 vol, PARIS, Germer Baillère, 1838, 3^{ème} éd.*
- Abbé PINARD**, Bienfaits du catholicisme dans la société, *TOURS, A. Mame, 1842*.
- P. POIRE**, Leçons de physique, *classe de philosophie, PARIS, C. Delagrave, 1882, 2^{ème} éd.*
- M. POUILLET**, Éléments de physique expérimentale et de météorologie, *3 vol., PARIS, L. Hachette et Cie, 1853, 6^{ème} éd.*
- A. PRIVAT DESCHANÉL**, Traité élémentaire de Physique, *PARIS, L. Hachette et Cie, 1869*.
- L. PYENSON et J.-F. GAUVIN**, l'art d'enseigner la physique, *SILLERY (QUEBEC), Septentrion, 2002*.
- P. REGNAULT**, Les entretiens physiques d'Ariste et d'Eudoxe ou physique nouvelle en dialogues, *PARIS, J. Clousier, 1737, 3^{ème} éd.*
- H. ROGUET**, Éléments de physique, *PARIS, P. Dupont, 1838*.
- H. SONNET**, Dictionnaire des mathématiques, *PARIS, Librairie Hachette et Cie, 1879, 3^{ème} éd.*
- A. TURPAIN**, Physique, *PARIS, Vuibert, 1912, 2^{ème} éd. – 1921, 4^{ème} éd.*

J. TYNDALL, La lumière, *PARIS, Gauthier-Villars, 1875.*

VOLTAIRE, Physique, *PARIS, Thomine et Fortic, 1821.*

W. WUNDT, Traité élémentaire de physique médicale, *PARIS, J. – B. Baillière et fils, 1884.*

M. ZELLER, Précis élémentaire de physique et de chimie, *PARIS, E.Belin, 4ème éd.*

Collectif (par une réunion de professeurs), Éléments de physique, classe de troisième, *PARIS, Librairie Générale, 1923.*

Collectif (sous la direction de Bruno Belhoste, Hélène Gispert et Nicole Hulin), Les Sciences au Lycée : «un siècle de réformes des mathématiques et de la physique en France et à l'étranger», *PARIS, Vuibert et INRP, 1996.*

L'Industrie Française des Instruments de Précision, 1901-1902, *PARIS, A. Brieux, 1980.*

Le Patrimoine de l'Éducation Nationale, *PARIS, Flohic, 1999.*

Le Patrimoine des télécommunications françaises, *PARIS, Flohic, 2002.*

Les inventeurs célèbres, *PARIS, Mazenod, 1950.*

La T.S.F. moderne, N°36, *PARIS, juin 1923.*

Les lauréats des concours d'agrégation de 1821 à 1950 par *André Chervel, Service Histoire de l'Éducation, INRP.*

Francis GIRES

Liste des instruments présentés dans le catalogue



PESANTEUR

MESURES p. 53

- 1 Dynamomètre de Poncelet
- 2 Treuil des puits
- 3 Chèvre
- 4 Cabestan des ports
- 5 Grue
- 6 Niveau de maçon ou à perpendicule
- 7 Tube de Newton
- 8 Marteau d'eau
- 9 Machine d'Atwood
- 10 Machine de Morin
- 11 Cylindre remontant un plan incliné
- 12 Double cône de Nollet
- 13 Cylindres et cônes pour l'étude de l'équilibre
- 14 Pendules de substances différentes
- 15 Vernier rectiligne (modèle de démonstration)
- 16 Sphéromètre
- 17 Machine à diviser
- 18 Cathétomètre
- 19 Balance de précision
- 20 Appareil de la force centrifuge
- 21 Appareil pour montrer l'aplatissement de la Terre
- 22 Appareil pour l'étude des chocs



HYDROSTATIQUE

HYDRODYNAMIQUE p. 77

- 23 Piézomètre d'Oersted
- 24 Presse hydraulique
- 25 Appareil à obturateur
- 26 Appareil de Haldat
- 27 Appareil de Masson
- 28 Tourniquet hydraulique
- 29 Balance hydrostatique (accessoires)
- 30 Ludion à vis
- 31 Appareil des vases communicants
- 32 Fiole des quatre éléments
- 33 Vases communicants capillaires
- 34 Glaces de Hawksbee
- 35 Plans de Magdebourg
- 36 Endosmomètre de Dutochet
- 37 Aréomètre de Nicholson
- 38 Flacon à densité pour les solides
- 39 Aréomètre de Fahrenheit
- 40 Alcoomètre de Gay-Lussac
- 41 Vis d'Archimède ou pompe spirale
- 42 Béliet hydraulique
- 43 Pluviomètre ou udomètre



PROPRIÉTÉS DES GAZ p. 99

- 44 Ballon pour déterminer la masse de l'air
- 45 Coupe-pommes
- 46 Appareil à pluie de mercure
- 47 Hémisphères de Magdebourg
- 48 Baromètre à cuvette
- 49 Baromètre de Fortin
- 50 Tube de Mariotte
- 51 Cuvette profonde à mercure
- 52 Manomètre de Bourdon
- 53 Stéréomètre de Say
- 54 Baroscope
- 55 Fontaine dans le vide
- 56 Pompe de compression
- 57 Fontaine de compression
- 58 Appareil de Briet
- 59 Trompe à eau aspirante et soufflante
- 60 Fontaine de Héron
- 61 Fontaine intermittente ou de Sturm
- 62 Vase diabète ou de Tantale
- 63 Pompe incendie
- 64 Vase de Mariotte
- 65 Moulinet dans le vide



ACOUSTIQUE p. 123

- 66 Métronome
- 67 Appareil pour l'étude du son dans le vide
- 68 Appareil pour montrer la transmission des sons à travers les liquides
- 69 Harmonica thermique de Trevelyan
- 70 Sirène de Cagniard-Latour
- 71 Soufflerie
- 72 Cylindre chronographique
- 73 Diapason sur boîte de résonance
- 74 Sonomètre
- 75 Sonomètre différentiel de Marloye
- 76 Modèle d'embouchure de flûte
- 77 Tuyau à coulisse
- 78 Tuyaux pour l'étude de l'influence des parois
- 79 Tuyau à anse battante
- 80 Tuyau pour l'étude des nœuds et des ventres
- 81 Flûte de palissandre
- 82 Flammes manométriques de Koenig
- 83 Plaques vibrantes pour figures de Chladni
- 84 Timbre pour vibration des membranes
- 85 Cylindres renforçateurs
- 86 Appareil pour expérience de Lissajous
- 87 Tube bifurqué de Hopkins
- 88 Résonateur de Helmholtz
- 89 Lames en laiton ou en bois pour vibrations transversales
- 90 8 lames en bois
- 91 4 tuyaux sonores rectangulaires fermés
- 92 3 tuyaux sonores avec trou à glissière
- 93 Ensemble de tuyaux sonores
- 94 4 tuyaux sonores
- 95 2 tuyaux sonores



CHALEUR p. 151

- 96 Pyromètre à levier
- 97 Anneau de S'Gravesande
- 98 Appareil pour déterminer le degré zéro du thermomètre
- 99 Appareil de Régnault pour déterminer le degré cent du thermomètre
- 100 Thermoscope de Leslie ou thermomètre différentiel
- 101 Thermoscope pour l'étude de la conductibilité des liquides
- 102 Thermoscope ou thermomètre différentiel de Rumford
- 103 Thermomètre métallique de Bréguet
- 104 Pendule à grill de Leroy
- 105 Thermomètre à poids
- 106 Appareil de Van Hope
- 107 Appareil de Gay-Lussac pour l'étude des tensions maximales de la vapeur d'eau en dessous de 0°C
- 108 Appareil de Watt pour le principe de la paroi froide
- 109 Appareil de Gay-Lussac (densités des vapeurs)
- 110 Appareil de Gay-Lussac (mélange des gaz et des vapeurs)
- 111 Appareil de Dumas
- 112 Bouillant de Franklin
- 113 Marmite de Papin ou digesteur
- 114 Appareil de caléfaction de Boutigny
- 115 Chaudière de Boutigny
- 116 Tube de Natterer
- 117 Tube de Faraday
- 118 Appareil de Cailletet
- 119 Alcazaras
- 120 Vase D'Arsonval-Dewar
- 121 Hygromètre de Saussure
- 122 Hygromètre de Daniell

- 123 Hygromètre de Régnault
- 124 Calorimètre à eau
- 125 Appareil d'Ingenhouz
- 126 Lampe de sûreté de Davy
- 127 Appareil de Sénarmont pour la conductibilité des cristaux
- 128 Ballon de Rumford pour rayonnement dans le vide
- 129 Vases pour l'étude du pouvoir émissif
- 130 Cube de Leslie
- 131 Pile thermoélectrique de Melloni
- 132 Banc de Melloni
- 133 Miroirs conjugués ou miroirs ardents
- 134 Moteur solaire d'Augustin Mouchot
- 135 Appareil de Ritchie
- 136 Appareil de Tyndall
- 137 Chaudière à vapeur à bouilleurs
- 138 Cylindre et tiroir de distribution de vapeur
- 139 Machine à balancier de Watt
- 140 Moteur à essence de pétrole type De Dion-Bouton



OPTIQUE p. 197

- 141 Porte-lumière
- 142 Lumière Drummond
- 143 Lampe à ruban de magnésium
- 144 Photomètre de Foucault
- 145 Kaléidoscope
- 146 Bouquet magique
- 147 Miroirs concaves et convexes
- 148 Appareil de Silbermann
- 149 Prisme de Newton

150	Polyprisme
151	Prisme à angle variable
152	Polyprisme à liquides
153	Prisme-flacon
154	Système de deux prismes achromatique
155	Goniomètre de Babinet
156	Cuve pour étude de la réfraction
157	Lentilles
158	Appareil pour la recombinaison de la lumière blanche
159	Disque de Newton
160	Spectroscope
161	Prisme à vision directe d'Amici
162	Loupe
163	Microscope composé
164	Microscope solaire
165	Lunette astronomique et terrestre
166	Lanterne de projection
167	Appareil de Jules Duboscq à projection verticale
168	Lanterne magique Plaques d'astronomie et de fantasmagorie
169	Chambre noire à soufflet dite «de campagne»
170	Phénakisticope (ou phénakistiscope)
171	Banc d'interférences et de diffraction de Pouillet
172	Stéréoscope
173	Polariscope réflecteur de Malus
174	Appareil de Hooke
175	Lunette de Rochon ou micromètre à double image
176	Appareil de Norremberg
177	Appareil de flexion du verre
178	Appareil de compression du verre
179	Cadre pour figures de Brewster par dilatation
180	Appareil Duboscq pour projection des effets optiques cristallins
181	Polarimètre de Laurent
182	Alidade à pinnules
183	Alidade à lunette
184	Équerre d'arpenteur
185	Boussole d'arpenteur
186	Graphomètre à pinnules
187	Cercle répéteur



MAGNÉTISME p. 249

188	Faisceau magnétique
189	Boussole d'inclinaison



ÉLECTRICITÉ STATIQUE . . . p. 253

190	Isolateur Mascart
191	Disques avec manches isolants
192	Balance de Coulomb
193	Sphère creuse de Coulomb
194	Hémisphères pour expérience de Biot
195	Sac de mousseline de Faraday
196	Cylindre ouvert de Mascart
197	Cage de Faraday
198	Cylindre isolé d'Aepinus
199	Cylindre de Faraday
200	Électroscope à feuilles d'or ou à pailles
201	Électromètre de Henley
202	Électromètre à quadrants de Mascart
203	Électrophore de Volta
204	Machine diélectrique de Carré
205	Machine de Wimshurst
206	Carillon électrique
207	Appareil à grêle de Volta
208	Théâtre électrique ou danse des pantins
209	Tourniquet électrique

- 210** Pointe pour vent électrique
- 211** Condensateur d'Æpinus
- 212** Excitateur simple
- 213** Carreau magique ou fulminant
- 214** Bouteille de Franklin à armatures mobiles
- 215** Jarre électrique
- 216** Batterie électrique
- 217** Tabouret isolant de Mascart
- 218** Excitateur universel
- 219** Œuf électrique
- 220** Tube étincelant
- 221** Portrait de Franklin
- 222** Thermomètre de Kinnersley
- 223** Mortier électrique
- 224** Perce-verre ou perce-carte
- 225** Pistolet de Volta
- 226** Eudiomètre à mercure
- 227** Paratonnerre de Franklin
- 228** Électromètre de Saussure
- 229** Aiguille électrique d'Haüy

VARIA ÉLECTRICITÉ STATIQUE

- 230** Plumeau électrique
- 231** Plaque ébonite avec manche
- 232** Tiges recourbées
- 233** Cône
- 234** Tige avec pointes
- 235** Support isolant
- 236** Disques avec manches isolants



ÉLECTRICITÉ DYNAMIQUE . . . p. 297

- 237** Pile à colonne ou pile de Volta
- 238** Pile de Grenet ou pile au dichromate de potassium
- 239** Pile au sulfate de mercure
- 240** Voltmètre à électrodes de platine
- 241** Rhéostat de Wheatstone
- 242** Table d'Ampère modifiée Bertin
- 243** Cuve d'Ampère à deux compartiments parallèles
- 244** Appareil d'Ørsted
- 245** Appareil de Jamin (rotation des courants)
- 246** Électro-aimant en fer à cheval
- 247** Galvanomètre ou multiplicateur de Nobili
- 248** Galvanomètre Deprez D'Arsonval
- 249** Voltmètre et ampèremètre aperiodiques dits «à courant mobile»
- 250** Voltmètre et ampèremètre thermiques dits «à système calorique à compensation»
- 251** Galvanomètre de Bourbouze
- 252** Boîte de résistances (ohms légaux)
- 253** Élément de Seebeck
- 254** Élément d'Edmond Becquerel
- 255** Bobine double de Faraday
- 256** Appareil d'Arago (magnétisme de rotation)
- 257** Roue de Barlow
- 258** Électro-aimant de Faraday
- 259** Appareil de Chassagny destiné à montrer les phénomènes fondamentaux de l'électromagnétisme
- 260** Appareil de Chassagny destiné à montrer les phénomènes d'induction
- 261** Disque de Foucault
- 262** Bobine d'induction
- 263** Bobine de Ruhmkorff
- 264** Œuf électrique De La Rive

- 265** Tube de Geissler
- 266** Porte-tubes de Geissler
- 267** Échelle de vide d'après Cross
- 268** Tube à vide de Braun
- 269** Oscillateur et résonateur électriques de Hertz
- 270** Machine de Clarke
- 271** Appareil électromédical Breton
- 272** Machine de Gramme à courants continus
- 273** Reproduction de modèles par galvanoplastie
- 274** Régulateur de Duboscq
- 275** Régulateur d'Archereau
- 276** Lampe Nernst
- 277** Lampe Edison
- 278** Moteur Froment
- 279** Télégraphe Bréguet
- 280** Récepteur Morse
- 281** Microphone de Hughes
- 282** Téléphone Bell
- 283** Téléphone Gower
- 284** Poste téléphonique Ader
- 285** Transformateur de Tesla
- 286** Appareil de Wertheim
- 287** Poste récepteur de téléphonie sans fil
Ducretet 6 lampes
- 288** Téléphone haut-parleur G.Lakhovsky
- 289** Ondemètre Ondia

VARIA ÉLECTRICITÉ DYNAMIQUE

- 290** Commutatrice Radiguet
- 291** Dynamo Gramme
- 292** Convertisseur Ducretet triphasé
- 293** Moteur triphasé Ducretet
- 294** Bouilloire électrique



ASTRONOMIE p. 353

- 295** Globe céleste
- 296** Sphère terrestre ardoisée
- 297** Sphères armillaires :
système géocentrique de Ptolémée
- 298** Sphères armillaires :
système héliocentrique de Copernic

Ce catalogue a été édité par l'A.S.E.I.S.T.E.



*à l'occasion du centenaire du bulletin de l'U.d.P.P.C. (1907 - 2007)
en hommage à Ernest Fourteau (Périgueux 1840 - Paris 1915)*

Les buts de l'association sont :

- 1) Aider les établissements scolaires qui possèdent un patrimoine d'instruments scientifiques et techniques utilisés dans la pratique pédagogique et toute collection constituée, à prendre conscience de leur importance, en assurer la sauvegarde, l'étude et la mise en valeur.
- 2) Susciter la création d'associations locales et favoriser les échanges en fédérant les différentes collections.
- 3) Organiser des expositions, réaliser des catalogues, publications, toute recherche permettant la mise en valeur et l'exploitation pédagogique des collections concernées.
- 4) Organiser des conférences, colloques, rencontres sur le thème de l'histoire de l'enseignement.
- 5) Favoriser les relations publiques, le mécénat et toute aide financière.

Ce catalogue a reçu le soutien de :



vignettes du catalogue :
cf. ouvrages cités en bibliographie

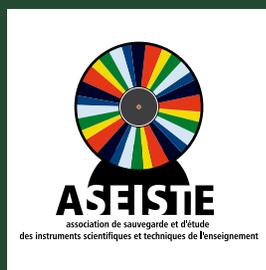
photographies des instruments du catalogue :
Francis GIRES

maquette, mise en pages :
DAISY DAY

achevé d'imprimer
sur les presses de l'imprimerie Fabrègue
à Saint-Yrieix-la-Perche
le jour des Saints Innocents
— MMVI —
pour l'A.S.E.I.S.T.E.

I.S.B.N. 2-9523415-1-6

*Catalogue édité par l'A.S.E.I.S.T.E.
à l'occasion du centenaire du bulletin de l'U.d.P.P.C. (1907 - 2007)
en hommage à Ernest Fourteau (Périgueux 1840 - Paris 1915)*



40 €

