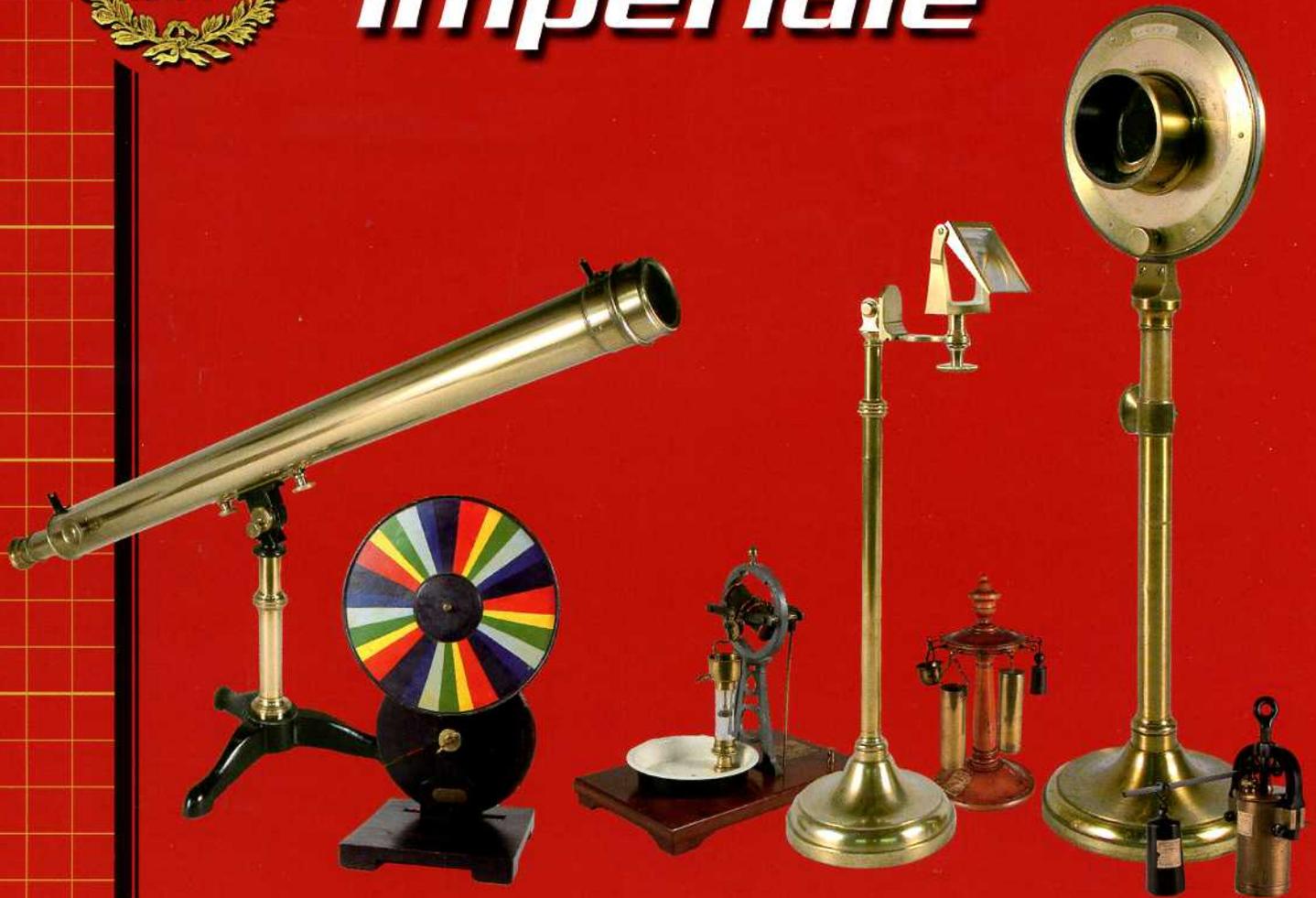
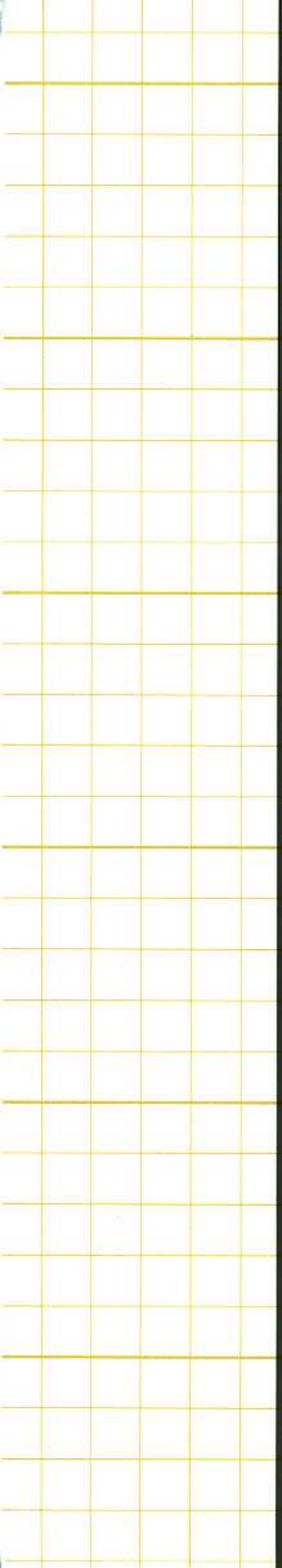


Physique impériale



cabinet de physique du Lycée Impérial de Périgueux



Physique Impériale

*catalogue réalisé sous la direction de Francis Gires
en hommage à Jean Brossel (1918 - 2003)*

cabinet de physique du Lycée Impérial de Périgueux



**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

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 assurant 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.

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

L'A.S.E.I.S.T.E., créée pour assurer, entre autres, la sauvegarde des collections scientifiques pédagogiques, s'est fixée aussi pour objectif de sensibiliser le monde enseignant, les élèves et le grand public à ce patrimoine souvent en souffrance. Si les cabinets de curiosités, et notamment ceux qui sont liés à un personnage clef de l'histoire des sciences, connaissent un véritable regain d'intérêt, ils sont aussi la preuve de la considération grandissante que portent les instances culturelles au patrimoine non artistique. Il reste encore cependant à trouver des lieux de présentation et de sensibilisation honorables pour le globe terrestre, la sphère armillaire, le compas, le pendule, le matériel de laboratoire, les spécimens naturalisés, sans parler du modeste mobilier de nos salles d'écoles.

Cette exposition, « *Physique impériale* », la première réalisée par notre association, donne raison à tous ceux qui, à nos côtés, à Niort, ont cru, il y a une dizaine d'années déjà, pouvoir réunir au Musée d'Agesci à Niort, des collections scientifiques et des œuvres d'artistes consacrés. Elle succède à plusieurs actions réalisées auprès de certains lycées comme par exemple celui de Guez de Balzac à Angoulême dont les collections impressionnantes et précieuses, et la bibliothèque ont été inventoriées et remises en valeur avec la participation très active des élèves et des enseignants, ce qui est, à notre sens, la meilleure garantie pour la pérennité de ce patrimoine.

Les milliers de documents recueillis par le Musée Bernard d'Agesci à Niort dans plusieurs centaines d'écoles et lycées, les innombrables films et livres scolaires utilisés par nos anciens maîtres, vont constituer, au sein du Musée, dans le cadre du Conservatoire de l'Éducation et des méthodes pédagogiques qui va ouvrir très prochainement, une collection qui a peu d'équivalent dans notre pays, hormis le Musée National de l'Éducation de Rouen. En évitant le chemin de la brocante, tous ces objets vont constituer un fonds inépuisable pour les chercheurs. Il semblait donc tout à fait naturel que l'A.S.E.I.S.T.E. naisse à Niort, ville au demeurant sacrée comme « capitale des grandes mutuelles françaises ». Encore modeste, notre association, dont l'homme orchestre, Francis Gires, se double d'un remarquable pédagogue et d'un généreux donateur aux collections publiques, s'honore d'avoir eu l'adhésion immédiate des plus éminents chercheurs, en particulier :

Yves Quéré - Membre de l'Académie des Sciences / Directeur honoraire de l'enseignement à l'École Polytechnique / Co-Président de l'I.A.P (Fédération Internationale des Académies des Sciences) / Président d'Honneur de l'A.S.E.I.S.T.E.

Georges Charpak - Prix Nobel de Physique 1992 / Membre de l'Académie des Sciences / Chercheur au C.E.R.N. / Membre d'Honneur de l'A.S.E.I.S.T.E.

Claude Cohen-Tannoudji - Prix Nobel de Physique 1997 / Membre de l'Académie des Sciences / Professeur honoraire au Collège de France / Président du Haut Comité de Parrainage de l'Année Mondiale de la Physique

Michèle Leduc - Directrice de recherche au Laboratoire Kastler-Brossel / Présidente du Comité Exécutif de l'Année Mondiale de la Physique

Bernard Cagnac - Chercheur au Laboratoire Kastler-Brossel / professeur honoraire de l'Université Pierre et Marie Curie,

Nicole Hulin - Maître de conférences honoraire à l'Université Pierre et Marie Curie / Chercheur au Centre Alexandre Koyré / membre du conseil scientifique de l'A.S.E.I.S.T.E.

Françoise Khantine-Langlois - chercheur LIRDHIST, Université de Lyon I.

Christian Gendron

*Président de l'A.S.E.I.S.T.E.
Conservateur en Chef du Patrimoine*

Exposition organisée par l'A.S.E.I.S.T.E. :

Association de sauvegarde et d'étude des instruments scientifiques et techniques de l'enseignement

Commissariat de l'exposition :

Francis Gires - Professeur de sciences physiques au Lycée-collège Saint-Joseph à Périgueux / Vice-Président de l'A.S.E.I.S.T.E. /
Conseiller scientifique du Conservatoire de l'Éducation et des méthodes pédagogiques à Niort

Alain Vaugrenard - Proviseur du Lycée Bertran de Born à Périgueux.

avec le concours de :

- Les Archives Départementales de la Dordogne à Périgueux,
- Cap Sciences Aquitaine à Bordeaux,
- L'Université de Pau et des pays de l'Adour et Lacq Odysée,
- Le Conservatoire de l'Éducation et des méthodes pédagogiques de Niort,
- Le Comité d'organisation de l'Année Mondiale de la Physique de l'Aquitaine.

et le soutien de :

- Le Conseil Régional Aquitaine,
- Le Conseil Général de la Dordogne,
- Le Rectorat de l'Académie de Bordeaux,
- La Ville de Périgueux,
- L'Amicale des Anciens Élèves du Lycée Bertran de Born,
- La Librairie Bonnaventure à Périgueux,
- L'Institut Eugène Le Roy,
- La revue Le Festin

Nous remercions tous ceux qui ont permis la réalisation de cette exposition

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)

Maïté Etchehoury,
Directrice des Archives Départementales de la Dordogne

Bernard Reviriego,
Attaché de conservation, Archives départementales de la Dordogne

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

Gilles Lapeyre,
Responsable de la culture scientifique de la Dordogne

Guy Batifoix,
Professeur de sciences physiques honoraire

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

Pierre Marty,
Conseiller régional Aquitaine de l'Ordre des Médecins français

Jean Colombet,
Technicien médiateur scientifique, CERN, Genève

et plus particulièrement :

Yves Quéré,
Membre de l'Académie des sciences, co-Président de l'ILAP (Fédération internationale des académies des sciences)

Claude Cohen-Tannoudji
Professeur honoraire au Collège de France, membre de l'Académie des sciences, prix Nobel de Physique, président du haut comité de parrainage de l'année mondiale de la physique, chercheur au laboratoire Kastler-Brossel

Georges Charpak,
Chercheur au CERN, membre de l'Académie des sciences, prix Nobel de Physique

Michèle Leduc,
Directrice de recherche, ancienne directrice du laboratoire Kastler-Brossel, présidente du comité national de l'année mondiale de la physique

Bernard Cagnac,
Professeur honoraire de l'université Pierre et Marie Curie, chercheur au laboratoire Kastler-Brossel

Xavier Darcos,
Ministre délégué à la Coopération, au Développement et à la Francophonie

William Marois,
Recteur de l'Académie de Bordeaux

Alain Rousset et Michel Moyrand,
Président et vice-Président du Conseil Régional Aquitaine

Bernard Cazeau,
Président du conseil général et sénateur de la Dordogne

Jean Paul Daudou,
Maire de Périgueux

Michel Marsaud et Robert Kaminker
Président et secrétaire de l'Association amicale des anciens élèves du lycée Bertran de Born

Jérôme Delanoë et Pierre Aguer,
Président et secrétaire du comité d'organisation de l'année mondiale de la physique de l'Aquitaine

Bernard Alaux,
Directeur de Cap Sciences Aquitaine

Jean-Michel Uhaldeborde
Président de l'Université de Pau et des pays de l'Adour

Michel Loudet
Directeur de l'UFR Sciences et techniques, UPPA

Sylvie Dagréou
Maître de conférences, université de Pau et des pays de l'Adour

Rémy Morel
Directeur de Lacq Odyssée

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

Anne Dirat
CERN, Genève

Les équipes enseignantes, techniques et administratives du Lycée Bertran de Born à Périgueux

Bernard Matthieu, Marcel Orhan, Jacky Javerliat,
Directeurs et directeur des études, lycée-collège privés Saint-Joseph à Périgueux

Jacqueline Roujon et Claude Terrien
Présidente et secrétaire de l'Association des amis du cabinet scientifique du lycée Bertran de Born

Pierre Pommarède,
Président de la Société historique et archéologique de la Dordogne

Jean Dessens,
Professeur honoraire de l'Université de Sciences du globe de Toulouse

Pierre Bussy,
Chirurgien-dentiste à Périgueux

Robert Chinouilh,
Professeur honoraire de sciences physiques

Remerciements	p. 5
Préfaces	p. 8
La physique et son enseignement, Nicole Hulin	p. 21
Éléments chronologiques pour l'histoire de l'enseignement de la physique (du début du XIX^e siècle aux années 1970), Nicole Hulin	p. 24
Les ouvrages de physique d'Adolphe Ganot : une référence de 1851 à 1931 ! Françoise Khantine-Langlois	p. 25
Aux origines du cabinet scientifique du Lycée Impérial de Périgueux, Alain Vaugrenard, Francis Gires	p. 27
Professeurs de sciences physiques du Lycée Bertran de Born de Périgueux, Maïté Etchehoury, Pierre Marty, Francis Gires	p. 29
Quelques enseignants remarquables à Périgueux, Maïté Etchehoury, Francis Gires	p. 34
Constructeurs des instruments scientifiques du cabinet de physique du Lycée Bertran de Born, Francis Gires	p. 36
Essai de typologie, Francis Gires	p. 41
CATALOGUE, Francis Gires avec la collaboration de Jean-Pierre Durandea , Vincent Besnard , Roger Sahun , Jean-Pierre Devalance , Gilles Lapeyre , Guy Batifoix , Thierry Boisvert	
Pesanteur	p. 43
Hydrostatique	p. 51
Propriétés des gaz	p. 59
Acoustique	p. 67
Chaleur	p. 87
Optique	p. 101
Magnétisme	p. 117
Électricité statique	p. 123
Électricité dynamique	p. 151
Hommes de sciences cités dans l'ouvrage, Francis Gires	p. 181
Bibliographie, Francis Gires	p. 186
La vie et l'œuvre scientifique de Jean Brossel, Claude Cohen-Tannoudji	p. 189
Liste des instruments du catalogue par disciplines	p. 196

Non, ce ne sont pas des vieilleries surannées, exhumées d'un passé enterré et simplement dépoussiérées que nous avons là sous les yeux, mais bel et bien les signes vivaces, émouvants et efficaces d'une science toujours en mouvement et en perpétuelle ré-invention.

Ces objets sont vivaces parce qu'ils sont là, devant nous, prêts à l'usage comme au jour même où pour la première fois ils délivrèrent leur message, égrenèrent leurs mesures, participèrent au déchiffrement d'une nature qu'ils copiaient en la stylisant, et comme aux jours suivants où, inmanquablement, ils énonçaient sans se lasser une répétitive vérité.

Ils sont émouvants parce qu'ils sont les témoins de cet immémorial besoin de connaître et de comprendre qui fait l'honneur de l'homme et, dans une large mesure, son bonheur ; parce qu'ils nous chuchotent à l'oreille, si nous savons écouter, la longue patience, la constance, l'ardeur et l'intelligence d'ancêtres envers qui nous avons une inestimable dette.

Ils sont efficaces parce qu'en eux nous revivons cette passion qui fut la leur ; parce que, mieux souvent que des instruments chromés, «computorisés», profilés, encastrés, numérisés... ils parlent d'eux-mêmes de leur fonction, nous invitent à deviner le résultat de l'expérience qu'ils suggèrent, nous donnent envie de les toucher, de les caresser, et mieux, de les faire fonctionner ; parce qu'ainsi, ils nous font désirer d'«entrer en science».

C'est dire combien a été belle l'idée de Francis Gires de les collectionner, ici ou là de les réparer, de les entretenir et, aujourd'hui, de nous les présenter. L'année choisie, 2005, est particulièrement heureuse puisque, anniversaire de la découverte de la Relativité restreinte - dont Henri Poincaré et Albert Einstein partagent la gloire - et année mondiale de la physique, elle nous rappelle la vigueur et l'actualité d'une discipline qui est plus jeune et plus vivante que jamais¹.

Que cette exposition ait lieu à Périgueux dans le contexte du Cabinet de physique du Lycée Bertran de Born ne peut nous laisser indifférents puisque le grand physicien Jean Brossel, décédé en 2003, en a été l'élève. On admirera toutes les pièces, instruments de physique bien sûr, mais aussi documents d'archives, dont certains très précieux, ici rassemblés. Et l'on remerciera chaleureusement celles et ceux qui, s'y étant dévoués, nous donnent ce plaisir, au premier rang desquels il convient de saluer Francis Gires.

Yves Quéré

*Membre de l'Académie des Sciences, co-Président de l'I.A.P.
Président d'honneur de l'A.S.E.I.S.T.E*

1 - On lira *Demain la physique*, par A. Aspect, R. Balian, S. Balibar, E. Brézin, B. Cabanne, S. Fauve, D. Kaplan, P. Léna, J.-P. Poirier, J. Prost, Éd. Odile Jacob, 2004.

Les anciens instruments de physique recèlent bien des trésors.

Leur construction fait souvent notre admiration par l'habileté de leur conception et l'amour du travail bien fait dont ils témoignent. Mais leur fécondité dans la recherche tient à des idées apparemment simples et élégantes, jaillies de l'imagination des chercheurs en quête de solutions à des problèmes impossibles. Elles sont souvent le fruit de longs tâtonnements.

Si l'on contemple l'image d'une des premières chambres à fils, aux côtés des détecteurs de quelques dizaines de milliers de tonnes, auxquels elles ont donné naissance, bourrés parfois de millions de fils de 20 microns de diamètre, et d'une électronique compliquée, on comprend ce que ces instruments doivent au génie créateur, individuel et collectif des membres des grandes équipes. Ils se sont attelés à leur construction, en raison du caractère passionnant des problèmes qui pouvaient être abordés, grâce aux progrès apportés par le nouveau détecteur. D'une génération à l'autre, un détecteur pouvait faire gagner un facteur énorme sur le temps nécessaire pour acquérir les informations et la précision des mesures utiles à démêler l'écheveau des réactions complexes induites par les collisions des particules aux hautes énergies.

C'est pourquoi, pour longtemps encore, l'art de faire progresser les détecteurs dans les laboratoires de physique des hautes énergies, continuera de fasciner les expérimentateurs.

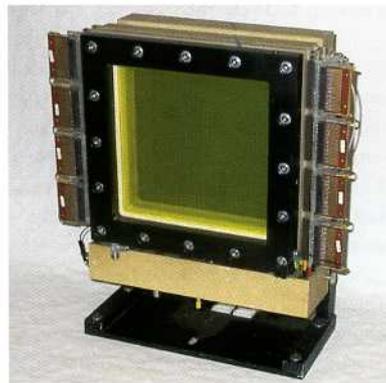
*Quelques simples fils tendus comme dans un violon
permissent de voir, dans de vastes volumes, les
gerbes de particules issues de collisions à très haute énergie*

G. Charpak

Georges Charpak
C.E.R.N. / Novembre 2004



Galvanomètre de Nobili,
premier détecteur de courant



Chambre à fils,
détecteur de collisions
de particules aux hautes énergies
(offerte par Georges Charpak à l'A.S.E.I.S.T.E.)

*Un grand scientifique, ancien élève du lycée de Périgueux,
Jean Brossel (1918-2003)*

Le professeur Jean Brossel, décédé à Périgueux le 4 février 2003, était revenu dans la ville de son enfance pour achever une vie extraordinairement remplie, consacrée à des travaux scientifiques d'importance exceptionnelle, unanimement reconnus par les physiciens en France et dans le monde. Il mérite que nous consacrons quelques lignes à sa mémoire. Les parents de Brossel étaient tous les deux instituteurs à Périgueux, où il est né le 15 août 1918. On imagine l'atmosphère familiale studieuse, et les soutiens qu'elle lui apporte pour démarrer de sérieuses études ; mais il sut les faire fructifier. C'est au lycée de Périgueux qu'il poursuit toutes ses études secondaires, jusqu'au baccalauréat en 1936.

C'est à l'oral du baccalauréat, que se place cette anecdote rapportée par Franck Laloë : Jean Brossel rencontre comme examinateur le professeur Alfred Kastler (le futur prix Nobel de 1966) qui est alors enseignant à l'université de Bordeaux, où il vient de terminer son doctorat. Dans sa réponse à la question de Kastler sur «la différence de potentiel», Brossel fait montre d'une profonde compréhension de la physique, qui impressionne son interrogateur. Ce n'est qu'une anecdote, mais tellement significative ! Quelques années après cette première rencontre, les deux hommes se retrouveront à l'École Normale Supérieure et par la suite ils entameront une collaboration qui durera tout au long de leurs carrières, dans une estime réciproque et une complicité, qui ne se démentiront pas.

Mais là nous anticipons sur l'avenir. Jean Brossel est alors au début seulement d'études supérieures à Bordeaux, dans les classes préparatoires aux grands concours scientifiques et il est reçu en 1938 au concours d'entrée à l'École Normale Supérieure (E.N.S.) de Paris. En fait il sera rapidement mobilisé dans l'armée française, en cette période de tension internationale, et participera à la première phase (1939-1940) de la seconde guerre mondiale, comme sous-lieutenant artilleur, chef d'une batterie antiaérienne (l'abattage de deux avions d'une escadrille allemande lui vaudra la croix de guerre). Finalement, démobilisé en 1941, il entre réellement à l'E.N.S., où il impressionne ses condisciples par son efficacité à mener à bien jusqu'au bout toutes les «manips» de physique les plus délicates ; c'est là aussi qu'il effectue son premier travail expérimental d'une année dans le laboratoire du professeur Kastler. À la fin des quatre années d'école, il obtient un poste d'attaché de recherche au C.N.R.S. sous la direction de Kastler.

Mais les conditions de vie en France sous l'occupation ont obligé à mettre en veilleuse le travail dans les laboratoires ; au surplus la suppression totale, durant cinq années, des liaisons avec l'étranger, et de toute information scientifique internationale ont handicapé le milieu scientifique français, et l'ont mis dans un état de retard et d'infériorité patent. C'est pourquoi Kastler conseille à Jean Brossel d'aller travailler à l'étranger, pour achever sa formation à la physique moderne. Et, comme un certain nombre d'autres physiciens français de sa génération, Brossel part donc à l'étranger pour plusieurs années (trois ans en Grande Bretagne, puis trois ans aux U.S.A.) avant de démarrer une nouvelle équipe de recherche, à Paris avec Kastler. Toutes ces équipes de recherche, animées par les jeunes physiciens formés à l'étranger, ont puissamment contribué au renouveau de la physique française après 1950, dans tous les organismes de recherche.

Tout au long de son séjour à l'étranger, Brossel reste en contact régulier avec Kastler, par lettres, ou dans quelques courts séjours à Paris, lui décrivant les expériences en cours et les difficultés rencontrées. C'est au cours de ces discussions par lettres, mais aussi parfois orales, qu'ont germé les idées neuves qui vont bientôt révolutionner la physique atomique. C'est en 1949 qu'est publié le premier article commun de Brossel et Kastler, où ils proposent la nouvelle méthode «double résonance». C'était



au cours du stage de Brossel aux U.S.A. ; il profita alors des moyens techniques existants là-bas pour monter très rapidement, avec son efficacité habituelle, une expérience de démonstration, dont la réussite démontra l'intérêt de la méthode. Brossel a décrit lui-même dans ses souvenirs qu'il était très tenté de rester aux U.S.A. pour profiter des moyens techniques américains. Mais Kastler lui propose instamment de rentrer à Paris pour prendre, en collaboration avec lui, la co-direction d'un nouveau groupe de recherche exploitant leurs idées ; Brossel revient à Paris à l'automne 1951, avec les résultats obtenus aux U.S.A. pour démarrer le nouveau groupe appelé «laboratoire de Spectroscopie Hertzienne de l'E.N.S.»

Pendant la fin du séjour de Brossel aux U.S.A., Kastler avait développé les idées mises en jeu pour la «double résonance» dans une conférence parisienne, publiée au Journal de Physique en 1950 et avait proposé une variante, applicable dans des situations complémentaires, qu'il appela «pompage optique». (Pour ceux qui ont quelques notions en physique atomique, on peut préciser un peu plus : la double résonance s'applique aux états atomiques qui ont été excités à une énergie supérieure à la normale ; tandis que le pompage optique s'applique aux atomes dans leur état normal, qu'on appelle encore l'état fondamental).

Ces deux méthodes ont un point commun : on irradie les atomes avec de la lumière résonnante (de longueur d'onde appropriée) pour permettre l'étude du phénomène de Résonance Magnétique dans cet atome sous l'action d'une onde radioélectrique de fréquence très précise. La Résonance Magnétique permet d'obtenir des renseignements très précis sur la structure et le comportement des atomes. On sait que ce phénomène de Résonance Magnétique est aussi utilisé par les médecins pour obtenir des images des tissus mous (invisibles en radiographie X). On nous excusera de ne donner ici des explications plus précises qui exigeraient des longueurs tout à fait fastidieuses. Ajoutons seulement que ces deux méthodes ont aussi un autre point commun dans la pratique expérimentale : c'est l'importance des résultats accessibles en regard de la relative modestie des moyens techniques nécessaires ; dans le langage de notre société marchande actuelle on dirait : «un très bon rapport qualité/prix».

La première expérience que Brossel installe en 1951, avec la collaboration d'un jeune thésard est faite pour vérifier la validité de cette méthode complémentaire de «pompage optique». L'affaire est rondement menée, puisqu'en août 1952 Brossel, seul dans un laboratoire déserté à cause des vacances d'été, observe sur un jet atomique de sodium le signal lumineux qui démontre l'efficacité du «pompage optique». Le contenu de ces deux publications de 1949 et 1950 était assez riche pour que la dizaine de thèses de doctorat préparées dans le laboratoire de Spectroscopie Hertzienne jusqu'au milieu des années soixante, découlent directement des propositions contenues dans ces deux publications. Elles permirent de faire des mesures sur la structure interne d'un grand nombre d'atomes, et de découvrir, au passage, des effets nouveaux, non prévus, mais que l'intuition physique de Brossel permettait d'interpréter presque aussitôt. La moisson de résultats obtenus en une douzaine d'années à travers ces thèses, encadrées et dirigées de très près par Jean Brossel, fut certainement la meilleure démonstration de l'intérêt et de l'efficacité de ces méthodes aux yeux du jury Nobel lorsqu'il attribua son prix à Alfred Kastler en 1966. Kastler était bien conscient de la part importante de Jean Brossel dans cette réussite ; et il exprima de nombreuses fois, tant en public qu'en privé, ses regrets que le nom de Brossel n'ait pas été associé au sien. Ajoutons que tous les thésards, élèves communs de Kastler et Brossel, ayant bien mesuré dans la vie quotidienne du labo le rôle de Brossel, ne pouvaient séparer dans leur estime Brossel de Kastler.

Au moment du prix Nobel, le laboratoire de Spectroscopie Hertzienne a quinze ans d'âge, et il a eu le temps de se développer. Les cinq ou six personnes qui le composaient au début, en 1951, sont passées à une dizaine en 1956 (*voir p. 191*), comme en témoigne la photo prise à cette date à l'occasion de la première thèse soutenue dans le laboratoire, et à une trentaine de personnes en 1966 (*voir p. 192*) : il faut serrer les gens sur le large perron d'entrée du bâtiment de physique pour faire la photo de circonstance !

Un peu plus tard, l'invention des lasers accordables en longueur d'onde fournira aux physiciens un outil de travail nouveau et très puissant ; et cela provoquera une diversification et un éclatement des thèmes de recherche du laboratoire, qui restera à la pointe de l'actualité scientifique internationale, tandis que son effectif augmentera encore jusqu'à une cinquantaine de personnes. Jean Brossel dirigera seul le groupe de recherche après la retraite de Kastler en 1972, mais la complexité de ces deux hommes était telle que rien ne semblera changé dans le fonctionnement du groupe. L'année suivante, en 1973, c'est la retraite du directeur du département de physique de l'E.N.S., le professeur Yves Rocard (le père de Michel), que Brossel remplacera également en cumulant les deux directions jusqu'à sa propre retraite en 1984.

Nous avons insisté sur la vie du laboratoire, parce qu'elle a certainement mobilisé l'essentiel de l'intelligence de l'énergie de Jean Brossel. Mais il a assuré aussi, au dehors, des tâches collectives que nous devons signaler. Dès 1957 il avait été nommé

professeur à la faculté des sciences de Paris ; et on lui avait confié la charge d'un cours de physique atomique moderne, dont les étudiants, et quelques collègues enseignants, s'arrachaient les polycopiés. Il prendra aussi une part très importante, à la fin des années soixante, dans la mise sur pied et le développement des nouveaux enseignements préparatoires à la recherche, que l'on appelle «Troisième Cycle». En 1968 il est appelé à la présidence de la Société Française de Physique et accepte de prendre du temps à son cher laboratoire pour assumer les tâches collectives qui lui incombent en conséquence. Il joue aussi un rôle important dans les commissions nationales du C.N.R.S., où sa connaissance exacte des dossiers est remarquée. Le rôle de Brossel a été largement reconnu par la communauté des physiciens ; et nous ne citerons que les plus importantes distinctions honorifiques qu'il a reçues : dès 1960 le prix Holweck décerné en commun par les deux sociétés de physique anglaise et française ; son élection à l'Académie des Sciences en 1977 et la médaille d'or du C.N.R.S. qu'il reçoit en 1984.

Jean Brossel a consacré toute sa vie à la Science, qui a été sa raison de vivre. Au-delà de sa passion scientifique, Jean Brossel était un homme assez secret, un peu sévère, et parfois intimidant. Mais dans ses rôles de direction, il était toujours très attentif aux problèmes des hommes et des femmes qui dépendaient de lui. Il était resté célibataire, mais il avait deux familles : celle du laboratoire, et ses nièces de Périgueux. Il retournait, chaque été, passer quelques jours dans la maison de son enfance, devenue celle de sa sœur, puis celle de ses nièces. Il a joué un rôle plus important auprès de celle qui travaille à Paris ; et il a joué un véritable rôle de grand-père vis-à-vis de ses deux enfants. Quand la fatigue de l'âge lui a rendu trop difficile la vie parisienne, il est venu finir ses jours dans cette maison familiale à Périgueux. Je lui avais rendu visite avec mon épouse à la fin de l'été 2002 et à notre sortie du restaurant, il nous avait piloté dans les rues anciennes du centre de Périgueux ; mieux qu'un guide touristique : on sentait qu'il aimait sa ville.

Bernard Cagnac

*Professeur honoraire de l'université Pierre et Marie Curie
Chercheur au laboratoire Kastler-Brossel*

L'exposition d'instruments scientifiques du cabinet de physique du lycée Bertran de Born à Périgueux, préparée par Francis Gires et ses collègues de l'ASEISTE, me paraît être une excellente initiative, s'insérant parfaitement dans le cadre des manifestations organisées à l'occasion de l'Année Mondiale de la Physique. Je suis également très reconnaissant à Francis Gires de présenter cette exposition comme un hommage à la mémoire de Jean Brossel, né à Périgueux et ancien élève du Lycée de cette ville. Je considère Jean Brossel comme l'un des plus grands physiciens français du siècle dernier. J'ai eu l'immense chance de faire mes premiers pas dans la recherche sous sa direction et celle d'Alfred Kastler. Au contact de ces deux maîtres exceptionnels, j'ai acquis la passion de la recherche, la rigueur intellectuelle nécessaire pour mener à bout une expérience et en déduire des conclusions convaincantes. Leurs qualités humaines et morales ont été aussi pour moi un modèle à suivre dans toutes circonstances. Je suis heureux que Francis Gires ait accepté d'inclure dans ce catalogue la Notice sur les Titres et Travaux de Jean Brossel que j'ai rédigée, après son décès, pour l'Académie des Sciences. Le lecteur intéressé par plus de détails sur la vie et l'œuvre de Jean Brossel pourra trouver le texte de cette notice à la fin de ce catalogue. Je remercie l'Académie des Sciences de m'avoir donné l'autorisation d'utiliser ce texte pour cet hommage rendu à Jean Brossel.

Claude Cohen-Tannoudji

Professeur Honoraire au Collège de France

C'est avec grand plaisir que j'écris ces quelques lignes pour le catalogue de l'exposition « *Physique impériale* », préparée par les soins de l'ASEISTE, animée par Francis Gires, à partir des objets de physique du Lycée de Périgueux. Cette exposition est l'une des nombreuses manifestations prévues partout en France dans le cadre de l'Année Mondiale de la Physique. À ce titre elle participe de l'effort de mémoire sur les hommes qui ont consacré tant de soins intelligents et dévoués à la recherche et l'enseignement de la physique. C'est aussi une occasion de rendre hommage au grand physicien Jean Brossel qui a fait ses études secondaires au lycée de Périgueux et qui vient de disparaître. J'ai été moi-même un élève de Jean Brossel, à l'université à Paris puis au Laboratoire de Spectroscopie Hertzienne de l'ENS, et j'ai été la dernière personne dont il a dirigé la thèse. Je suis ainsi particulièrement touchée de voir que des collègues physiciens de Périgueux ont eu à cœur d'honorer la mémoire de Jean Brossel, dans cette ville où il a passé sa jeunesse, où résidait sa famille et où il a finalement choisi de terminer son existence.

L'exposition de Périgueux illustre la volonté de parler de la physique au public à l'occasion de l'Année Mondiale de la Physique. L'année 2005 a été choisie pour célébrer les sciences physiques dans le monde entier, exactement cent ans après les travaux révolutionnaires d'Albert Einstein, qui ont ouvert la voie à pratiquement tous les développements de la physique au 20^e siècle. Le but de cette Année Mondiale va toutefois au-delà de la simple commémoration. Il s'agit avant tout de faire connaître au public l'importance de ce grand pan de la science. Les progrès de notre vie quotidienne qui lui sont dus sont un peu vite oubliés, du four à micro-ondes à l'ordinateur, sans parler de l'imagerie médicale. L'année 2005 est l'occasion de réfléchir à l'image que la physique donne d'elle-même, en particulier à travers l'enseignement. Combattre le relatif désintérêt actuel des jeunes pour les carrières scientifiques est un enjeu national et même mondial. Il importe de développer, en associant élèves et enseignants, les idées sur la meilleure façon d'aborder les notions abstraites, de renouer avec l'expérimentation personnelle et d'observer les phénomènes naturels qui nous entourent. À cet égard on peut remarquer le caractère exemplaire de la présente exposition, qui présente des expériences montées autrefois dans les classes du lycée de Périgueux. Il est émouvant de rappeler ainsi la créativité et l'habileté des enseignants, chercheurs et constructeurs qui ont conçu tous ces beaux appareils dans le but de capter l'attention des élèves.

L'année 2005 sera aussi l'occasion de lancer un débat prospectif sur les grands enjeux de la recherche. Des pistes entièrement nouvelles sont ouvertes par les progrès spectaculaires dans l'infiniment petit des particules tout comme dans l'infiniment grand du cosmos ou dans l'infiniment complexe des états de la matière. Il y a encore aujourd'hui de grandes énigmes touchant au cœur des lois fondamentales de l'Univers, de la matière, de la vie et de la pensée. Jean Brossel aurait vivement encouragé les efforts de ses jeunes collègues pour faire partager au public leur enthousiasme pour la physique en marche. Lui-même a été tout au long de sa vie un chercheur passionné qui, aux côtés d'Alfred Kastler, a contribué à la création d'une école française de physique atomique dont la réputation n'a cessé de croître. J'ai eu personnellement le sentiment très net que ces deux physiciens exigeants me faisaient une grande faveur en m'acceptant dans leur laboratoire. Il est d'ailleurs remarquable pour l'époque qu'ils n'aient pas eu, contrairement à bien d'autres grands patrons, de préjugé particulier contre les femmes en physique...

En effet, Jean Brossel a toujours été très attentif aux jeunes qui se succédaient dans son laboratoire. Il consacrait beaucoup de temps à l'enseignement et il aimait beaucoup raconter les expériences qui avaient marqué l'histoire de la physique atomique, décrivant les techniques utilisées et analysant la démarche suivie pour l'interprétation. Il aurait eu beaucoup de plaisir à retrouver les appareils utilisés par ses professeurs du lycée de Périgueux, qui ont sans aucun doute joué un grand rôle dans sa vocation pour la physique. L'hommage qui lui est rendu à travers la présente exposition dans sa ville de Périgueux ne peut que réjouir vivement tous ses anciens élèves, auxquels sa présence continue de manquer.

Michèle Leduc

*Présidente du comité exécutif de l'année mondiale de la physique,
Directrice de recherche au laboratoire Kastler-Brossel à l'École Normale Supérieure*

Il y a un siècle et demi, le lycée impérial de Périgueux – actuellement le lycée Bertran de Born – était l'un des plus renommés de France pour la qualité et la richesse de son cabinet de physique.

Ce dernier ressuscite aujourd'hui. Grâce au zèle infatigable de ce collectionneur passionné et érudit qu'est Francis Gires, 140 des instruments scientifiques qui le composaient se trouvent à nouveau rassemblés. Conservés ou restaurés avec amour, ils sont présentés dans leur éclat d'origine, comme s'ils s'éveillaient d'un long sommeil, prêts à vivre de nouvelles expériences.

Qu'il s'agisse de pesanteur, d'hydrostatique, d'acoustique, de chaleur, d'optique, de magnétisme ou d'électricité, il n'est pas un domaine de la physique qui échappe à leurs capacités d'exploration. Ils témoignent de manière exemplaire de l'entreprise immense que mène inlassablement l'homme pour percer les secrets de l'Univers et de ses lois.

On ne pouvait donc mieux célébrer 2005 et l'Année mondiale de la physique, dont cette exposition constituera en Aquitaine l'un des événements phares.

Mais celle-ci a une autre raison d'être. Elle est conçue en hommage à l'un des plus grands savants français du XX^e siècle, qui était un ancien élève du lycée Bertran de Born : Jean Brossel. Ce nom est malheureusement trop peu connu de nos concitoyens, qui ne portent pas toujours à la science et à ses plus remarquables représentants l'intérêt qu'il faudrait.

Il faut donc rappeler que Jean Brossel, qui nous a quitté en 2003, a dirigé avec Alfred Kastler, Prix Nobel de physique, un laboratoire qui a joué un rôle éminent dans le développement de la physique atomique et de l'optique quantique en France et à l'étranger. Lauréat du Prix Holweck en 1960, Médaille d'or du CNRS en 1984, Jean Brossel a contribué à former une école de pensée et un centre d'excellence scientifique dont le rayonnement est exceptionnel. Il n'a eu de cesse d'attirer et de former les meilleurs étudiants. Claude Cohen-Tannoudji, lui aussi Prix Nobel de physique, fut l'un de ses élèves. Son rôle dans le développement de la physique française et internationale a été majeur.

Je suis heureux qu'à travers la belle exposition organisée par Francis Gires, ce grand physicien français, et périgourdin, soit mis à l'honneur.

Xavier Darcos

Ministre délégué à la Coopération, au Développement et à la Francophonie

Le développement de l'histoire des arts dans les établissements d'enseignement n'a pas toujours été accompagné par celui de l'histoire des sciences. Or la dimension historique paraît inséparable de l'enseignement scientifique et technique : nos élèves ne doivent pas ignorer les grandes dates ni les grands hommes de cette exceptionnelle aventure, dans laquelle la France s'est brillamment illustrée ; ils doivent savoir qu'il existe, en ce domaine, un patrimoine, comme il en est en littérature, en architecture, en peinture.

L'intérêt de la collection du lycée Bertran de Born, réunie par Francis Gires, de sa présentation à un public scolaire, est multiple. On est d'abord frappé par la beauté de ces instruments du XIX^e siècle qui, par la qualité de leurs matériaux, la singularité de leurs formes, la patine déposée par les ans, pourraient fort bien, paradoxalement, s'apparenter à des œuvres d'art contemporain. L'appareil d'étude de la chute parabolique semble un bel oiseau automnal et lustré, prêt à l'envol.

La plupart de ces savants objets est associée aux noms célèbres du progrès des sciences physiques. Voici Newton, Gay-Lussac, Faraday, Volta, ou Otto de Guéricke, bourgmestre de Magdebourg, et, pour mettre en évidence la pression atmosphérique, ces deux hémisphères creux, emboîtés, qui font penser aux œufs précieux du joaillier Fabergé. Passer en revue la liste de ces inventeurs, c'est feuilleter les plus belles pages de l'histoire des sciences.

Objets de collection, oui, mais objets vivants. Chacun d'eux visait à exposer ou vérifier une loi nouvelle, un phénomène jusque là inconnu, chacun d'eux a fait la preuve de son efficacité, tous marquent un pas, petit ou grand,, dans le cheminement de la physique expérimentale et de son enseignement, c'est à dire dans l'histoire de l'humanité. Si nous pouvons établir des comparaisons, marquer les distances et mesurer le trajet parcouru, de tous ces instruments-là, nous sommes aujourd'hui les débiteurs.

Puisque ces appareils ont été conçus dans un but pédagogique, qu'ils étaient destinés à l'enseignement, qu'ils appartiennent au patrimoine de l'Éducation nationale, je souhaite que la fréquentation de cet exceptionnel héritage rende les élèves curieux des choses d'un passé scientifique dans lequel s'enracinent les recherches actuelles. Je souhaite que ces objets soient, pour eux, non seulement des témoins, mais des forces incitatrices qui les orientent dans leurs propres travaux, enrichissent leurs projets culturels, les poussent à des investigations, par exemple dans leur établissement, qui recèle peut-être de semblables surprises, de semblables trésors.

William Marois
*Recteur de l'académie de Bordeaux
Chancelier des Universités d'Aquitaine*

Je me réjouis que l'Aquitaine ait l'occasion de donner, au travers de la présentation à Pau du «Cabinet de physique du lycée impérial de Périgueux», un relief particulier au lancement de l'année mondiale de la Physique.

Terre de patrimoines, particulièrement riches et prestigieux, l'Aquitaine sait à quel point le soin apporté à nos héritages collectifs et à la mise en valeur de la diversité des œuvres humaines est essentiel à la formation, à l'ouverture d'esprit et à la créativité des hommes d'aujourd'hui. Ce qui est vrai pour les patrimoines culturels et artistiques, l'est tout autant s'agissant de nos patrimoines scientifiques.

Francis Gires, déjà distingué par l'Éducation Nationale et l'Académie des Sciences en 1998, avec le Prix de la meilleure exposition de culture scientifique, l'a compris mieux qu'un autre. Cette présentation d'outils de physique expérimentale, certes dépassés dans la technicité qu'ils mettent en œuvre, n'en est pas moins pleine d'intérêt, d'un simple point de vue esthétique, comme d'un point de vue historique et pédagogique.

Je tiens d'ailleurs, dans cet esprit, à m'associer à l'hommage rendu à la mémoire de Jean Brossel. Ancien élève du lycée Bertran de Born, ayant donc eu l'occasion d'apprendre les premiers rudiments de physique grâce à ces instruments, il a su imposer son nom au Panthéon des grands physiciens du XX^e siècle. C'est en particulier à ses travaux conjoints avec Alfred Kastler et à leur invention de la méthode de la «double résonance» qu'il doit sa renommée. Le fait que ces travaux aient marqué les prémices de la technologie des lasers prend évidemment pour nous beaucoup de signification au moment où l'Aquitaine s'apprête à construire, autour du laser mégajoule du Barp, un pôle laser unique au monde. C'est toute la dynamique de la succession des générations de chercheurs qui se trouve ainsi reconnue et symbolisée.

Alain Rousset,
Président du Conseil Régional d'Aquitaine

Diasporamètre de Rochon, sirène de Cagniard de Latour, alidade à pinnules, roue de Barlow... Ces termes que l'on croirait tout droit sortis d'un imaginaire poétique ou surréaliste désignent en fait des instruments bien connus des physiciens, utilisés au cours des deux derniers siècles lors de leurs expériences.

Sciences passionnantes mais auxquelles on a coutume d'attribuer - à tort - une image d'austérité, les sciences dites physiques bénéficient aujourd'hui, en Dordogne, d'une mise en lumière extrêmement intéressante, grâce à l'exposition des instruments du cabinet de physique du Lycée Bertran de Born. Tout en présentant un réel intérêt historique, cette heureuse initiative permet en effet de révéler enfin au grand public l'aspect concret et passionnant de ces sciences.

Afin que cette magnifique exposition puisse voir le jour, il aura fallu toute la passion, la volonté et l'enthousiasme de Monsieur Francis Gires, que je tiens à féliciter pour le travail d'inventaire et de mise en valeur réalisé.

Cette exposition est aussi l'occasion de rendre un juste et bel hommage, près de deux ans après sa disparition, à l'un des plus grands physiciens français du vingtième siècle, Monsieur Jean Brossel, natif de Périgueux et qui a accompli sa scolarité au sein du Lycée Bertran de Born. Je rappellerai simplement que le laboratoire qu'il co-dirigeait avec Alfred Kastler, Prix Nobel en 1966, a joué un rôle éminent dans le développement de la physique atomique et de l'optique quantique, en France comme à l'étranger.

Cette initiative s'inscrit par ailleurs parfaitement dans le cadre des nombreuses manifestations prévues à l'occasion de l'Année Mondiale de la Physique.

Autant de raisons qui rendent le Conseil général particulièrement fier de participer activement à la mise en œuvre de cette exposition et à la publication de ce catalogue.

Bernard Cazeau
Sénateur de la Dordogne
Président du Conseil général

Il y eut déjà Pierre-Paul Grassé qui, admis à l'Académie des Sciences en 1948 y tint, par la suite, les prestigieuses fonctions de Président. Elève, dans la décennie 1910, du Lycée de Garçons qui n'avait pas encore été affligé d'un nom de baptême, a-t-il eu des occasions, autour du cloître inévitable où se musse l'âme des vieux murs, de croiser un jeune garçon, Jean Brossel, de 23 ans son cadet ? L'écart des âges, trop important, efface notre rêve, mais quelle enchanteresse hypothèse il y aurait eu à échafauder un dialogue entre eux sur la qualité de l'enseignement scientifique ou la valeur pédagogique du corps professoral.

Beau sujet de fiction comme nos maîtres aimaient en user en nous invitant à concevoir l'échange courtois que Rabelais et La Rochefoucauld auraient pu entretenir sur l'humaine condition.

Qu'avaient en commun, outre leurs origines géographiques, Pierre-Paul Grassé, anatomiste et zoologiste, et Jean Brossel géant de la Physique atomique et de l'Optique quantique ? Sans aucun doute la passion de la recherche et plus encore celle de la découverte qui ouvre au monde des horizons immenses non explorés. Certainement, aussi, une adhésion inconditionnelle à l'esprit scientifique dans toute l'ampleur de la notion, qui s'analyse en une «rectification du savoir» (Bachelard) et un élargissement du cadre de la connaissance.

L'un et l'autre, enfin, dans leur approche d'une vérité nouvelle se sont certainement appliqués à éliminer tout ce qui aurait pu tenir au sujet individuel, ce qui touche à l'équation personnelle, en s'inspirant de l'universalité subjective c'est à dire de l'objectivité.

Jean Brossel a eu un avantage, celui de s'épanouir une génération plus tard que son confrère et d'aborder ses travaux à l'issue de la 2^e guerre, à une époque où la connaissance et ses applications avaient effectué, à divers usages, de considérables avancées.

Une certitude s'établit sur l'envie de créer, née chez deux potaches dont on peut supposer qu'ils obtinrent souvent l'excellence durant leurs études. Leur goût pour les disciplines scientifiques est apparu à leurs yeux devant les trésors de ce merveilleux cabinet de Physique qu'on ne cessera pas de célébrer car il justifie l'orgueil attaché à l'établissement qui l'a accumulé puis conservé, avant qu'une main pieuse ne le restaure.

Peu importe d'imaginer que ce soit la machine de Ramsden, le galvanomètre de Nobili, la sirène de Cagniard Latour ou l'astucieux bicône de Nollet qui ait éveillé de prodigieuses vocations. Peu importe, en effet, mais cette conclusion empruntée vraiment à la dithyrambe si nous posons comme postulat que le capital intelligent de l'humanité serait un peu en retard sans les leçons passées et exploitées par deux futurs savants au Lycée de Périgueux à partir du message contenu dans ces objets qu'à juste titre Monsieur Yves Quéré refuse de voir comme des «vieilleseries surannées» ?

Michel Marsaud

Président de l'association amicale des anciens élèves du Lycée Bertran de Born

La physique et son enseignement

Nicole Hulin

Maître de conférences honoraire à l'Université Paris VI

Centre Alexandre Koyré

Membre du Conseil scientifique de l'ASEISTE

Au XIX^e siècle la physique est éclatée en la physique mathématique, où sont développés les calculs relatifs à l'étude d'une situation physique, et la physique expérimentale. Le terme de physique théorique se rapporte alors à l'exposé des théories physiques. Ainsi, lors de la création en 1840 par Victor Cousin de l'éphémère agrégation des facultés des sciences - (pour laquelle était exigé le grade de docteur dans la discipline concernée) - les questions de physique mathématique figurent dans les épreuves de l'agrégation des sciences mathématiques alors que physique expérimentale et physique théorique interviennent dans l'agrégation de sciences physiques.

La spécialisation de l'agrégation des lycées, opérée dans la première moitié du XIX^e siècle, répond à une nécessité d'avoir des professeurs scientifiquement compétents et doit être située dans un jeu de rivalités scientifiques. En effet un choix se présentait entre différents couplages possibles : mathématiques - physique d'une part et chimie - sciences naturelles d'autre part (projet de 1830) ; mathématiques d'un côté et sciences physiques et naturelles d'un autre côté (organisation de 1840). La date de 1840 n'est pas fortuite, elle correspond à la mort de Poisson qui, défendant la physique mathématique, ne souhaitait pas la séparation des deux disciplines et s'opposait au chimiste Thenard. Cette option a indubitablement influé sur l'orientation de l'enseignement de la physique comme en témoignent les instructions de 1854 rédigées par le chimiste Dumas : «[...] la physique est une science expérimentale qui tire parti des mathématiques pour coordonner et exposer ses découvertes, et non point une science mathématique qui se soumettrait au contrôle de l'expérience.»

Une telle conception ignore le rôle fécond joué par la théorie qui coordonne les résultats expérimentaux, mais aussi sert de guide à l'expérimentation comme le souligne J. C. Maxwell¹ : «*I hold that the chief merit of a temporary theory is, that it shall guide experiment, without impeding the progress of the true theory when it appears.*»

Dans la première moitié du XIX^e siècle de nombreux plans d'études secondaires se succèdent ; si la classe où débute l'enseignement des mathématiques subit des fluctuations, la physique est maintenue en fin de cursus, en classe de philosophie.

1 - James Clerk Maxwell, «On Faraday's lines of force» (1855-56).

Lorsqu'en 1821, on fixe dans une circulaire la liste du matériel de physique pour l'enseignement dans les lycées, on joint un catalogue de machines de précision en prenant soin de préciser que celles-ci ne sont absolument pas nécessaires pour les expériences de cours mais utiles, quand l'état des finances de l'établissement le permet, pour «les travaux particuliers des professeurs qui par leurs recherches s'efforceraient de contribuer aux progrès des sciences». Ainsi, les autorités encouragent les professeurs à poursuivre des recherches personnelles et envisagent de leur apporter cette aide matérielle car, en l'absence de laboratoires pour les licenciés préparant le doctorat, le problème du financement des thèses expérimentales se pose avec acuité. Mais bien souvent les professeurs sont amenés à construire des instruments, soit pour leur enseignement, soit pour leurs travaux de recherche. Ceci est mis en évidence dans le rapport de Balard² sur la thèse de sciences physiques de Bernard Renault en 1867 : «Ce candidat poussé par le goût de l'expérimentation a su déceler un sujet qu'il pourrait poursuivre avec de faibles ressources, construire lui-même les appareils qui lui étaient nécessaires, perfectionner et étendre les méthodes d'observation, et donner ainsi aux jeunes professeurs de nos lycées un exemple qu'il serait bien de voir suivre plus généralement.»

Avec l'établissement en 1852 de la «bifurcation des études», création de deux filières (l'une littéraire, l'autre scientifique) à partir de la 3^e, l'enseignement des sciences physiques commence dès cette classe. Dans les instructions pour l'enseignement de la physique, Dumas insiste sur le caractère expérimental de la discipline, et recommande d'effectuer les expériences fondamentales en présence des élèves, mais en évitant les descriptions détaillées d'instruments. Il encourage les professeurs à construire eux-mêmes les appareils et souligne l'intérêt des travaux d'atelier que doivent accomplir les élèves de l'École normale supérieure et dont le programme a été défini très précisément en octobre 1837. En deuxième année, les manipulations «ont pour objet d'exercer les élèves au travail du verre à la lampe d'émailleur, de leur faire exécuter les principales expériences de physique, et surtout un certain nombre d'expériences de précision». Au cours de ces manipulations les élèves construisent des baromètres, des thermomètres à mercure et à air, des thermomètres à alcool, des thermoscopes, et des aiguilles astatiques. En troisième année, les manipulations «ont pour objet d'apprendre aux élèves les détails de construction des instruments de physique, l'usage des outils qu'on emploie ; elles sont dirigées par un habile constructeur d'instruments de physique et par le préparateur, sous la surveillance du maître de conférences de physique». On fait connaître, en outre, aux élèves «les principes du dessin exact des machines» et on leur fait exécuter «des croquis cotés des différents appareils de physique».

En 1864 A. A. Cournot³ dénonce un des «écueils dans lesquels on tombe trop souvent» lorsqu'on enseigne la physique, celui «de s'appesantir sur toutes les précautions à prendre dans l'expérience, comme si l'on se proposait de former des expérimentateurs». Mais ces mises en garde sont sans effet et la place accordée aux descriptions d'instruments est très importante dans les manuels de toute la deuxième moitié du XIX^e siècle. Cet état de choses sera fustigé en 1901 par Bouasse⁴ qui explique que la description de ces appareils «forme le plus clair des cours de physique [...] de sorte qu'on pourrait dire, sans paradoxe, qu'un cours de physique élémentaire est le catalogue méthodique et expliquée des appareils qu'il ne faut pas employer». Et, ajoute-t-il, «l'empilement de ce bazar instrumental» est rendu particulièrement néfaste par l'habitude des professeurs de dicter les descriptions de tous ces appareils : «forcer les malheureux élèves à enregistrer des robinets, des soupapes, d'un tas d'instruments absurdes [...] c'est lamentable».

Lors de la réforme de 1902 l'enseignement scientifique est complètement réorganisé et les conditions du professorat de physique sont profondément modifiées avec l'institution d'exercices pratiques pour les élèves. Le professeur de physique doit être un praticien habile et transformer en appareils scientifiques une foule d'objets hétéroclites en raison d'un budget trop modeste. C'est ainsi que naît l'idée de constituer une sorte de «mutuelle des idées» et que va se former, en 1906, l'Union des physiciens.

L'affirmation du caractère expérimental de la physique est réitérée de réforme en réforme, du XIX^e au XX^e siècle. Pour S. Johsua et J.-J. Dupin⁵ : «On peut, sans grande audace, avancer l'hypothèse que, pour une majorité de pédagogues, l'enseignement

2 - Archives nationales AJ 16/5533.

3 - A. A. Cournot, *Des institutions d'Instruction publique*, 1^{re} édition 1864, Paris, Vrin, 1977, p. 67.

4 - Henri Bouasse, «Enseignement des sciences physiques dans l'enseignement secondaire», *L'enseignement secondaire*, 1901, n°11, p. 183-186 et n°12, p. 203-206.

5 - *Représentations et modélisations : le «débat» scientifique dans la classe et l'apprentissage de la physique*, Berne, Peter Lang, 1989.

de la physique se confond avec celui de la "méthode expérimentale", et cela jusqu'à nos jours. Cette finalité fixée à l'enseignement de la physique va le plus souvent de pair avec la réduction de la «méthode expérimentale» elle-même aux processus d'induction.

Il y a là une option lourde concernant l'épistémologie de la physique qui fut majoritairement admise dès la deuxième moitié du XIX^e siècle et n'a cessé de s'approfondir depuis.»

Poursuivant leur analyse⁶ ces auteurs insistent sur «le primat de la théorie sur le fait» et «le primat de la théorie dans l'interprétation de l'observation» : «Contrairement à une idée largement répandue, le "fait", conçu comme une donnée d'observation s'imposant sans contestation possible à tout observateur objectif, n'est pas une donnée naturelle, immédiate [...] Ce qui est vrai pour le "fait" l'est à plus forte raison pour l'interprétation des observations. [...] seuls des esprits préparés, c'est-à-dire plongés dans un contexte théorique particulier, peuvent être à même de "découvrir" un fait inattendu, justement parce qu'eux peuvent distinguer ce qui, dans la théorie admise, est un fait inattendu.»

La pérennité du discours sur le caractère expérimental de la physique, dans un contexte extrêmement évolutif du XIX^e au XX^e siècle, décèle en fait un problème de fond posé par l'enseignement de la physique au niveau secondaire. La physique enseignée au lycée présente nécessairement un décalage par rapport à la «physique des savants» par la manière dont elle peut présenter les éléments constitutifs de la discipline et respecte ses caractéristiques épistémologiques fondamentales⁷. L'insistance sélective - et sans justification explicite - sur ce caractère expérimental donne une image faussée puisque la démarche caractéristique de la physique est «un aller et retour permanent entre la réflexion théorique et la pratique expérimentale». Déjà en 1904, dans une conférence sur «l'esprit de l'enseignement scientifique», Paul Langevin explique que «comme les deux termes d'une égalité [...] la question que la théorie pose par voie déductive est inséparable de la réponse que fournit l'expérience et d'où se tire la loi par voie d'induction».

Pour garder sous-jacente l'idée de cette dualité caractéristique de la physique il conviendrait d'éviter l'emploi du vocable «expérimental» substantivé, apparu dans certains discours de la fin du XX^e siècle - car ce glissement n'est pas neutre - mais de faire référence à l'aspect expérimental ou à la composante expérimentale.

Bien sûr des choix s'imposent pour l'enseignement de la physique au niveau secondaire, mais ceux-ci doivent être clairement formulés. Se pose alors le problème de donner aux élèves une image pas trop déformée du mode de fonctionnement caractéristique de la physique, du mode de pensée du physicien. Ici l'histoire des sciences peut jouer un rôle tout à fait essentiel en introduisant une réflexion épistémologique, parallèlement au cours de physique proprement dit, dans un cours disjoint de celui de physique qui prioritairement doit s'attacher à faire acquérir des connaissances de base, des savoir-faire. Cette démarche parallèle peut engendrer un nouvel intérêt pour la discipline. L'histoire de la physique au début du XX^e siècle est exemplaire⁸ car, pour interpréter certains faits expérimentaux, des idées nouvelles ont été introduites «brisant les cadres trop étroits de la physique classique»: nécessité de repenser les notions d'espace et de temps, développement d'une physique du discontinu. Désormais, explique Gaston Bachelard, «c'est l'effort mathématique qui forme l'axe de la découverte, c'est l'expression mathématique qui, seule, permet de penser le phénomène». À côté des lois physiques concernant les phénomènes sont omniprésentes les «superlois» (invariance, conservation, symétrie), liées aux traitements mathématiques et qui structurent la discipline : «Ce qui est devenu prioritaire pour le physicien, ce sont les règles de structuration de la matière plus que les apparences de la matière.»

6 - *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques*, Paris, PUF, 1993, p. 46-47.

7 - Ce point est longuement développé dans le texte de Michel Hulín «La physique ou l'enseignement impossible» in *Le Mirage et la nécessité*, Paris, PENS et Palais de la Découverte, 1992, p. 158-166.

8 - Nicole Hulín, «Constitution de la physique moderne et nouvelle conception de l'enseignement de la discipline» in *Les Sciences au lycée*, Paris, Vuibert et INRP, 1996, p. 55-68.

Éléments chronologiques pour l'histoire de l'enseignement de la physique (du début du XIX^e siècle aux années 1970)

Nicole Hulin

- | | |
|---|---|
| <p>1802 Création des lycées
- Physique enseignée en fin de cursus</p> <p>1808 Organisation de l'Université impériale
- Bac ès sciences <i>après</i> le bac ès lettres
- Agrégation unique de sciences</p> <p>1840 Double agrégation de sciences (mathématiques ; sciences physiques et naturelles)</p> <p>1852 «Bifurcation des études»(réforme Fortoul)
- 2 sections équivalentes (lettres et sciences) à partir de la 3^e
- Bac ès sciences <i>indépendant</i> du bac ès lettres
- Physique enseignée à partir de la 3^e
Institution d'épreuves pratiques à l'agrégation</p> <p>1867 Triple spécialisation de l'agrégation de sciences</p> <p>1880 Loi Sée : création de l'enseignement secondaire de jeunes filles (avec une organisation spécifique)</p> <p>1902 Réforme du ministre Leygues
- Quadrifurcation des études à partir de la 3^e</p> | <p>- Développement de l'enseignement des sciences
- Institution d'exercices pratiques en sciences expérimentales pour les élèves</p> <p>1923 Réforme Bérard : «égalité scientifique», même enseignement de sciences pour tous de la 3^e à la 1^{re} incluse</p> <p>1924 Assimilation de l'enseignement secondaire féminin à son homologue masculin</p> <p>1941 Réforme Carcopino : retour à un régime voisin de celui de 1902 et institution du bac sciences expérimentales</p> <p>1959-1960 Deux options (physique et chimie) à l'agrégation de sciences physiques</p> <p>1964 Création d'une 3^e option : physique appliquée</p> <p>1970 Création de la «Commission Lagarrigue» pour la rénovation de l'enseignement des sciences physiques</p> <p>1974 Fusion des agrégations masculine et féminine de sciences physiques</p> |
|---|---|

Éléments bibliographiques

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

Nicole Hulin (dir.), *Physique et humanités scientifiques. Autour de la réforme de l'enseignement de 1902*, Villeneuve d'Ascq, Presses universitaires du Septentrion, 2000.

Nicole Hulin, *Les Femmes et l'enseignement scientifique*, Paris, PUF, 2002.

Nicole Hulin, «La constitution et les débuts de la Commission Lagarrigue», *BUP*, n°730, janvier 1991, p. 393-410.

Les ouvrages de physique d'Adolphe Ganot : une référence de 1851 à 1931 !

Françoise Khantine-Langlois

LIRDHIST, Université Claude Bernard, Lyon 1

«[...] Laissons donc les fâcheux murmurer contre les prétendus abus de la physique amusante ou plutôt contre la diffusion des lumières, et proclamons hautement l'importance des services rendus à la science par la publication des ouvrages illustrés à la manière de l'excellent traité de physique de M. Ganot». Cette critique élogieuse publiée dans le *Journal des débats* du 19 mai 1853 n'est pas celle d'un rédacteur séduit par des images. Au contraire, puisque son auteur est le physicien qui a, deux ans plus tôt, mis en évidence la rotation de la terre par une expérience spectaculaire : Léon Foucault.

«L'importance des services rendus à la science» par l'ouvrage fut effectivement à la hauteur de l'enthousiasme de Foucault. En effet, le traité publié pour la première fois en 1851, l'année de l'expérience du pendule, a été réédité en France pendant quatre vingt ans. Adolphe Ganot déclare en 1880 avoir personnellement édité 200 000 exemplaires de son traité «*À l'usage des établissements d'instruction, des aspirants aux grades des Facultés et des candidats aux diverses écoles du Gouvernement*» et 50 000 exemplaires de son cours «*À l'usage des gens du monde, des aspirants au brevet supérieur, des élèves des écoles normales, des institutions de demoiselles, et généralement des personnes étrangères aux mathématiques*».

Il ne s'agit là que des éditions françaises publiées du vivant de l'auteur sans compter les multiples traductions autorisées ou non qui ont diffusé son traité dans le monde entier. En effet l'ouvrage a été traduit officiellement en allemand, hollandais, espagnol, russe, anglais, mais aussi en turc ou en polonais... Des pays aussi éloignés et différents que le Japon ou le Brésil, les États-Unis ou l'Espagne l'ont utilisé comme ouvrage de référence pour leur enseignement de la physique. L'ouvrage sera encore, au catalogue de la maison Hachette cinquante ans après que son auteur lui ait cédé ses droits.

Qu'est-ce que ces ouvrages, le *traité* et le *cours*, avaient de si particulier ? L'écrivain russe Tourgueniev fournit un élément de réponse lorsqu'il fait dire à un personnage de *Père et fils* : «*Il serait également bon de lire Ganot, Traité élémentaire de physique expérimentale, les figures y sont plus précises*». Ce sont certainement les illustrations qui ont contribué au succès de la première édition. En effet alors que les traités de physique de l'époque groupent toutes les figures à la fin de l'ouvrage sur des planches qu'il faut déplier, Ganot les place en regard du texte qui y fait référence, ce qui rend la lecture bien plus agréable et la manipulation bien plus facile. Il n'est plus nécessaire de chercher la figure parmi des dizaines d'autres souvent très petites. L'utilisation des gravures sur bois beaucoup plus simples à réaliser que les gravures sur cuivre lui permet cette innovation. Grâce à cette technique il peut présenter non pas des schémas de montages mais des objets tels qu'ils sont, éventuellement en situation d'utilisation, de plus il prend soin d'accompagner chaque appareil reproduit d'une explication de son fonctionnement. C'est cette précision dans la description des objets qui rend son traité si précieux pour tous ceux qui s'intéressent aux appareils anciens un siècle plus tard.

Ainsi la figure 1 (*page suivante*) reproduit la machine d'Atwood telle qu'elle apparaît dans le traité de Ganot¹ et la figure 2 telle qu'on la trouvait (numéro 7) dans la planche «mécanique» du traité de Physique de Despretz².

1 - Ganot A., *traité de physique*, Paris, 1859, 4^e éd.

2 - Despretz C., *Traité élémentaire de physique*, Paris, Mequignon – Marvis, 1836, 4^e éd.

Cela ne suffit pas totalement à expliquer la popularité de ces ouvrages puisque quelques années après la première édition du *Traité* tous les auteurs utilisent la gravure sur bois, et des vignettes presque identiques aux siennes se retrouvent dans tous les manuels. Les différents auteurs vont aussi reprendre une autre innovation d'Adolphe Ganot : l'insertion d'exercices résolus dans le cours et, à la fin du manuel, ce que nous appelons aujourd'hui des annales du baccalauréat. Ces deux éléments se retrouvent par exemple dans le traité, également très répandu, de Drion et Fernet.³

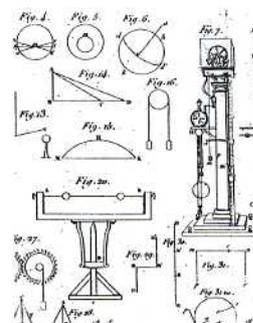
Le succès des ouvrages d'Adolphe Ganot vient sans doute de son investissement personnel. Ses concurrents ont d'autres activités que la rédaction de leur manuel, Adolphe Ganot, lui, y consacre sa vie : il n'a jamais fait de recherche personnelle comme Charles Drion docteur ès sciences et professeur à la faculté de Besançon ; il n'a pas occupé de fonction institutionnelle comme Émile Fernet qui est inspecteur général de l'Instruction publique. Cela permet à Ganot de s'occuper lui-même de la diffusion de ses ouvrages qui sont en vente par correspondance directement «chez l'auteur». Cela lui permet aussi de les mettre régulièrement à jour et d'y faire figurer les nouvelles innovations techniques au fur et à mesure de leur apparition.

Enfin il a su adapter ses ouvrages aux publics à qui ils étaient destinés : le *cours* qui s'adresse aux jeunes filles et au «grand public» n'est pas du tout un abrégé du *traité*, les textes et surtout les gravures sont bien différents. Les illustrations ci-contre sont extraites de la 8^e édition du traité et de la 1^{re} édition du cours publiées toutes deux en 1859. La différence de traitement du fil à plomb ou de la formation des images dans un miroir plan est flagrante.

Toutes ces raisons font qu'«un obscur professeur de physique français nommé Benjamin Adolphe Ganot»⁴ peut se vanter d'avoir fait découvrir et aimer la physique, dans le monde entier et à tous niveaux, à tous les anonymes qui ont annoté les exemplaires que l'on trouve chez les bouquinistes, mais aussi à deux prix Nobel, un italien Emilio Segré et un américain Robert Millikan qui lui rendent hommage⁵, ou à cet industriel américain H.-J. Birch qui a noté sur son exemplaire du traité «mon vieux manuel identique à celui-ci a été détruit dans le grand incendie de Chicago en 1871. J'ai plaisir à le remplacer par celui-ci acheté d'occasion⁶ le 10 septembre 1875».



Machine d'Atwood dans le traité de Ganot



Machine d'Atwood dans le traité de Despretz



Le pendule dans le cours

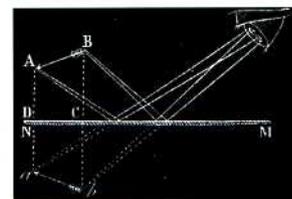


Le pendule dans le traité



La formation des images dans le cours

La formation des images dans le traité



3 - Drion C. et Fernet E., *Traité de physique élémentaire*, Paris, Masson, 1851, 2^e éd.

4 - J. Yoda, *Ernst Mach's Vienna 1895-1930*, J. Blackmore et al. Kluwer Academic publishers, 2001, p18.

5 - Segré E., *Les physiciens classiques et leurs découvertes*, Fayard, Paris, 1987.
Millikan R., *The Autobiography*, Prentice - Hall inc USA, 1951.

6 - à la Havane

Aux origines du cabinet scientifique du Lycée Impérial de Périgueux

Alain Vaugrenard,

Proviseur du Lycée Bertran de Born

Francis Gires,

Professeur de sciences physiques au Lycée-collège Saint-Joseph

La cité scolaire Bertran de Born est l'héritière directe du collège de Périgueux qui naît le 15 février 1531 quand la ville fait l'achat de bâtiments et terrains pour établir un collège. L'établissement va connaître maintes transformations. Le 10 germinal an V, il devient École Centrale. En 1804, l'École Centrale disparaît. Auparavant, vers 1799, des notables avaient fondé un pensionnat dans les bâtiments de l'ancien couvent des Dames de Saint Benoît. C'est ce Pensionnat de Saint Benoît qui est érigé en collège communal par décret impérial du 9 avril 1811. Les bâtiments et terrains sont concédés à la ville le 25 juillet 1812. Il y a donc une phase intermédiaire : jusqu'au 28 avril 1799, l'internat de l'École Centrale occupe l'ex-prieuré des Bénédictines et l'abbaye de Sainte-Claire, le collège s'installant partiellement dans les locaux de l'actuel lycée. Ces couvents devinrent les annexes de l'École Centrale et on y installa en premier lieu le cabinet d'Histoire Naturelle. Dès le 29 décembre 1796, le directeur du jardin botanique avait d'ailleurs pris possession du terrain. La situation sera définitivement réglée après la concession de 1812. Par ordonnance royale du 9 septembre 1845, l'établissement devenait Collège Royal.

Dans cette première moitié du 19^{ème} siècle, ce sont surtout les humanités classiques qui prédominent et l'enseignement de la physique est repoussé en fin de cursus. Néanmoins, les enseignants disposeront d'instruments scientifiques dont certains sont parvenus jusqu'à nous. En effet, dans une lettre du Préfet de la Dordogne demandant, en 1803, la transformation de l'École Centrale en Lycée, on apprend que celle-ci était déjà dotée «*d'un cabinet de physique et d'un laboratoire de chimie assez complets*» et qu'elle avait développé «*le goût des Sciences et des Arts*» dans le département. La machine de Ramsden et la poudreuse électrostatique sont très probablement issues de ce cabinet. Ceci n'est pas étonnant quand on sait que le premier professeur de cette École Centrale fut le célèbre François Chabaneau¹ (1745-1842) inventeur, en 1786, de la méthode de fusibilité du platine pour laquelle le très célèbre Lavoisier avait échoué !

En 1848, le Collège Royal devint Lycée et Lycée Impérial de 1854 à 1870. Ce changement de statut, l'inadaptation et le «mauvais état de la bâtisse» (rapport du Conseil de préfecture en 1847) vont amener la Municipalité à engager la construction

¹ - Bouet Robert - *François Chabaneau, un savant périgourdin oublié*. Bulletin de la Société Historique et Archéologique du Périgord, tome 132, 1^{ère} livraison 2005.

d'un lycée sur l'emplacement de l'ancien collège-prieuré. Ce bâtiment sera réalisé en ne gardant pratiquement rien des anciens édifices mais surtout, en tenant compte de l'urbanisation nouvelle de la ville ainsi que des nouveaux programmes, liées au statut de lycée mais aussi à l'évolution des connaissances, notamment dans le domaine des sciences expérimentales.

Le nouvel établissement va bénéficier d'une conjoncture favorable : la réforme dite de la «*bifurcation*», instaurée par le ministre Fortoul en 1852, va pouvoir être mise en place dans les nouveaux locaux prévus à cet effet, de plus des crédits importants sont prévus pour l'achat du matériel et vont être à l'origine des collections du Lycée. C'est ainsi que sera édifié le bâtiment longeant la rue Charles Mangold et ce, à partir de 1847. Un nouveau cloître est construit, dont les travaux seront réceptionnés en 1849. Au sud, l'actuelle chapelle du lycée fut probablement édifiée, dans son aspect actuel, entre 1846 et 1858 à l'occasion de la construction du bâtiment.

Durant cette seconde moitié du XIX^e siècle, le lycée va bénéficier d'une autre chance : la nomination d'enseignants tout à fait remarquables puisqu'on compte pas moins de huit anciens élèves de l'École Normale Supérieure, agrégés de Sciences Physiques et Naturelles (de 1840 à 1867) et Sciences Physiques par la suite.

L'établissement va ensuite connaître une expansion continue liée à l'augmentation des effectifs mais aussi à l'évolution des programmes et pratiques pédagogiques. En ce domaine, les sciences expérimentales ne vont pas cesser d'accroître leurs besoins, en surface et en en matériel. C'est ainsi qu'après maintes pérégrinations dans les bâtiments du lycée, une solution *extramuros* va être trouvée. Le 10 juillet 1956, la ville acheta aux Sœurs de la Visitation un grand terrain situé 2, rue Waldeck-Rousseau et 4, rue Littré. Sur cet emplacement sera édifié en 1960, un bloc scientifique (bâtiment B). Cette construction est accompagnée par l'érection d'une statue de Gilbert Privat «*la jeune science*». La rénovation complète de ce bâtiment et de son contenu en 2000/2001, est l'occasion de procéder à un inventaire complet des cabinets scientifiques. Le cabinet de physique au lieu d'être définitivement dispersé, et ce, bien que certains instruments soient en fort mauvais état, va être sauvé et restauré.

C'est ainsi que nous parvient le cabinet de physique du Lycée Impérial de Périgueux. Il est le témoin de ce que fut l'enseignement de la physique pendant plus d'un siècle, le témoin de l'ingéniosité et du sens artistique de ses constructeurs comme les célèbres Jean-Baptiste Soleil, Albert Marloye, Nicolas-Constant Pixii, Heinrich-Daniel Ruhmkorff..., le témoin enfin de tout ce que nous devons à ces précurseurs.

Professeurs de sciences physiques du Lycée Bertran de Born de Périgueux

Maité Etchehoury,

Directrice des Archives départementales de la Dordogne

Pierre Marty,

Conseiller régional Aquitaine de l'Ordre des Médecins français

Francis Gires,

Professeur de sciences physiques au Lycée-collège Saint-Joseph

1840-1847

COSSE 1840-1847
SOLDAT 1840
DE TASTE François Guillaume *ENS 1840 - agrégé ès sciences physiques et naturelles 1843*
décédé 1886 professeur au collège de Périgueux 1847
professeur Lycée de Tours

1850-1853

CHARPENTIER Ernest¹ *ENS 1845 - agrégé ès sciences physiques et naturelles 1850*
né le 24 août 1823 au Mans professeur suppléant à Chaumont 1848
retraite 1880 chargé de cours à Périgueux 1849
décédé 1898 professeur à Périgueux 1850-1853
professeur au Mans 1854
inspecteur d'académie à Quimper 1864 puis à
Alençon, Bourges, Saint-Lô, Le Mans et Laval

1 - Dossier personnel,
Archives nationales,
CHAN, F/17/20390

1853-1865

CÔME	.....	ancien préparateur des lycées de Paris, 1853-1856
PERRET	.....	adjoint nommé en 1856
LECHEVALLIER	.....	professeur de physique de 1 ^{re} classe en 1864
TEISSIER	.....	chargé de cours de physique, 1864

1865-1872

FOURTEAU Ernest ²	.....	<i>ENS 1859 - agrégé ès sciences physiques et naturelles 1862</i>
<i>né le 6 janvier 1840 à Périgueux</i>		chargé de cours lycée d'Amiens 1862
<i>OA janvier 1872</i>		chargé de cours lycée d'Angoulême 1863
<i>Chevalier de la Légion d'Honneur 1894</i>		professeur lycée de Périgueux 1865
<i>décédé 1915</i>		professeur lycée d'Angoulême 1872
		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 <i>janvier-septembre 1882.</i>
		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

1865-1877

LETRAIT Arthur Henri ³	.....	<i>ENS 1861 - Licencié ès sciences mathématiques et sciences physiques</i>
<i>né le 22 juillet 1842</i>		<i>agrégé de mathématiques 1880</i>
<i>à Neuillé-Pont-Pierre (Indre-et-Loire)</i>		régent de mathématiques à Agde (1863) puis à Toulon (1864)
<i>retraite 1897</i>		suppléant de mathématiques à Périgueux 1865
		chargé de cours de mathématiques à Périgueux 1866-1877
		censeur des études à La Roche-sur-Yon 1878
		censeur des études à Périgueux 1880
		censeur des études à Limoges 1881
		proviseur à Valenciennes 1882
		proviseur à Périgueux 1883

2 - Dossier personnel,
Archives nat.,
CHAN, F/17/21905/A

3 - Dossier personnel,
Archives nat.,
CHAN, F/17/21175

1872

DALESME professeur en 1872

1872-1877

BOUANT Emile⁴ *ENS 1868 - agrégé ès sciences physiques 1877*
né le 8 novembre 1847 à Guéret chargé de cours de physique à Nîmes 1872
OI février 1890 chargé de cours à Périgueux 1872-1877
retraite 1908 professeur au lycée de Poitiers 1877
professeur au Prytanée militaire 1879
professeur au lycée Charlemagne 1884

Auteur des ouvrages suivants :

- «Les grands froids», Paris, Hachette, Bibliothèque des Merveilles, 1^{re} édition 1880, 2^e édition 1888.
- «Les Merveilles du Feu», Paris, Hachette, Bibliothèque des Merveilles, 1883.
- «Cours de chimie à l'usage des élèves de la classe de mathématiques spéciales», Paris, Delalain, vers 1885.
- «Aide-mémoire de chimie à l'usage de la classe de mathématiques spéciales», Paris, Delalain, avant 1893.
- «Cours de physique et de chimie destiné à l'enseignement primaires», Paris, Delalain, avant 1893.
- «Histoire de l'eau», Paris, Félix Alcan, bibliothèque utile, avant 1893.
- «Problèmes de baccalauréat, physique et chimie», Paris, Librairie du Journal de Mathématiques élémentaires, 1887.

- «Dictionnaire de chimie, comprenant les applications aux Sciences, aux Arts, à l'Agriculture et à l'Industrie, à l'usage des chimistes, des industriels, des fabricants de produits chimiques, des médecins, des pharmaciens, des laboratoires municipaux, des écoles de chimie, etc.», précédé d'une introduction de L.Troost membre de l'Académie des Sciences, à la Faculté des sciences, Paris, Librairie J.B. Baillière et Fils, 1889.
- «Leçons de chimie, notation atomique, classes de mathématiques élémentaires et de philosophie», Paris, Félix Alcan, 1893.
- «Dictionnaire manuel illustré des sciences usuelles», Paris, Armand Colin, 3^e édition 1894, 6^e édition 1903.
- «Dictionnaire manuel illustré des connaissances pratiques», Paris, Armand Colin, 1^{re} édition 1895, 2^e édition 1897.

- «Éléments de physique», Paris, Félix Alcan, 3^e édition, 1905.
- «Leçons de choses, petits entretiens (Les aliments, les boissons, les vêtements, l'habitation)», Paris, Librairie Delalain, 1908.
- «Chimie des écoles normales d'instituteurs et du brevet supérieur», Paris, Delalain, 1910.
- «Cours de physique», de Bouant et Pariselle, Paris, Félix Alcan, 1914.
- «Leçons de choses, combustion et métaux (moyen de locomotion, division du temps)», Paris, Delalain, 1914.
- «La physique des écoles normales d'institutrices et du brevet supérieur», Paris, Delalain, 5^e édition 1915.
- «Le tabac, culture et industrie», Paris, Baillière, 1928.

1877-1884

LOUBENS Arnaud Félix⁵ *licencié ès sciences physiques et mathématiques*
né le 12 juillet 1851 à Agen maître auxiliaire à Bordeaux 1872
retraite 1913 chargé de cours au collège de Blaye 1874
chargé de cours de physique au lycée de Périgueux 1877
chargé de cours de mathématiques au lycée de Périgueux 1884
chargé de cours de sciences à Nevers 1886
chargé de cours de mathématiques à Lorient, puis Tulle 1887-1888
chargé de cours à Belfort 1892
censeur à Annecy 1894, puis à Bayonne, Alais, Lorient, Carcassonne, Avignon,
directeur du petit lycée de Marseille 1903

4 - Dossier personnel,
Archives nat.,
CHAN, F/17/22059/B

5 - Dossier personnel,
Archives nat.,
CHAN, F/17/22234

1885-1893

NOUGARET Pierre Joseph Élie⁶
né le 26 mars 1860 à Saint-André (Hérault)
décédé en service en 1912

ENS 1880 - licencié ès sciences physiques et mathématiques 1882
chargé de cours à La Roche-sur-Yon 1883
chargé de cours de physique à Périgueux 1884
censeur à Saint-Brieuc 1893 puis à Agen 1895 et Toulouse 1896
proviseur au lycée de Cherbourg 1897 puis de Grenoble et d'Auch 1911

1890-1894

SOULHIER au lycée de Périgueux en 1890
BERNARD Pierre *agrégé ès sciences physiques (1^{er}) 1895*
au lycée de Périgueux en 1890
professeur au lycée d'Orléans en 1902
ROLLAND Étienne *ENS 1885 - agrégé ès sciences physiques 1893*
professeur au lycée de Périgueux 1894
professeur au lycée de Poitiers en 1902

1895

GREFFE Emile⁷ *ENS 1891 - agrégé ès sciences physiques 1894*
né le 13 septembre à Montélimar (Drôme)
retraite 1931
professeur à titre provisoire au lycée de Brest 1894
professeur au lycée de Périgueux, en remplacement de Bernard 1895
professeur au lycée de Montpellier 1896
professeur au lycée Henri IV 1903
professeur au lycée Saint-Louis 1919

1896-1931

JOUHET Louis⁸ *agrégé ès sciences physique 1890*
né le 29 juillet 1866 à Montvicq (Allier)
épouse en 1894 la fille d'É. Labroue,
proviseur du lycée de Foix
puis du lycée de Périgueux,
retraite 1931
professeur de physique au lycée de Coutances 1890
professeur au lycée de Foix 1891
professeur au lycée de Cahors 1893
professeur au lycée de Toulouse 1894
professeur au lycée de Périgueux 1896

6 - Dossier personnel,
Archives nat.,
CHAN, F/17/2587

7 - Dossier personnel,
Archives nat.,
CHAN, F/17/24199

8 - Dossier personnel,
Archives nat.,
CHAN, F/17/24202

1897-1902

LAROUSSE **professeur au lycée de Périgueux 1897**
professeur au lycée de Nevers 1902

1902-1920

BARET Chargé de cours au lycée de Périgueux 1902

1931-1959

ZIZARD Pierre Marie Antoine⁹ *Licences de physique, mathématiques et chimie 1921-1923*
Diplôme d'études supérieures 1940
né le 6 juin 1902 à Aurillac (Cantal) Conseiller pédagogique 1950
marié le 10 avril 1928 à Périgueux Délégué pour l'enseignement de la physique
ingénieur adjoint à la poudrerie à Saint-Nazaire, Chinon et Condom 1923-1928
de Bergerac pendant 7 mois (1939-1940) Titularisé en 1928
décédé en 1959, des suites d'un accident Délégué chargé de cours de physique et sciences naturelles
d'automobile au lycée de Périgueux 1931
Titularisé comme professeur de sciences physiques et naturelles 1935

1938-1945

DESSENS Henri *Licence Sciences Physiques : 1932*
né le 26 juillet 1911 *Diplôme d'Études Supérieures Physique : 1933*
marié 2 enfants *Licence mathématiques : 1934*
prix Henri Rovel Paris 1947 *Agrégation Sciences Physiques : 1939*
prix Saintour Académie des Sciences 1952 *Doctorat Sciences Physiques : 1945*
grand prix de la Recherche Scientifique 1956 Assistant Faculté Sciences de Toulouse : 1934-1938
chevalier Légion d'Honneur 1958 Prof. Lycée de Périgueux : 1938-1945
officier des Palmes Académiques 1960 Prof. Lycée de Toulouse : 1945-1946
décédé en 1971 Chargé de Recherches CNRS : 1946-1948
Directeur de l'Institut et Observatoire de Physique du Globe
du Puy de Dôme : 1948-1971
Prof. de Physique du Globe
de la Faculté des Sciences de Toulouse : 1962-1971
Membre correspondant de l'Académie des Sciences : 1964
Président de congrès ou conférences internationaux
Zürich (1954), Toronto (1957), Vérone (1960)...

Quelques enseignants remarquables à Périgueux

Maité Etchechoury,

Directrice des Archives départementales de la Dordogne

Francis Gires,

Professeur de sciences physiques au Lycée-collège Saint-Joseph

Pierre François Chabaneau (1754-1842)

En 1786, ce célèbre savant périgourdin inventa le procédé de fusibilité du platine qui avait mis en échec Lavoisier. Il enseignait les sciences à Madrid à la Cour du Roi et, bien que nommé en 1796 à l'École centrale de Périgueux, il ne commença vraiment ses cours qu'en 1799. En effet, le cabinet de physique et chimie conçu selon le cours de Sigaud de Lafond et proposé par son ami chimiste Cazalet, professeur à l'École centrale de Bordeaux, n'arriva qu'en 1798. Ses *Leçons élémentaires de physique générale et analytique*, issues du cours qu'il professait, furent publiées en 1799 à Périgueux chez L.Canler.



cl. P. Madrilis / coll. part.

Ernest FOURTEAU (1840-1915)

Né à Périgueux, élève de l'École normale supérieure, agrégé de sciences physiques et naturelles en 1862, il enseigna de 1865 à 1872 au lycée de Périgueux. «D'un caractère froid et un peu raide», il se révéla un «bon professeur», qui «montre avec grand soin aux élèves le détail des expériences». Il joua sans doute un grand rôle dans l'enrichissement des cabinets de physique et d'histoire naturelle du lycée. Dès 1866 cependant, il manifesta le souhait de quitter Périgueux pour «un établissement et une ville où [il pourrait] trouver des ressources scientifiques qui [lui] manquent pour achever [sa] préparation au doctorat». Son affectation au lycée d'Angoulême, de 1872 à 1879, coïncide avec la création d'un cabinet de physique très important qui offre une similitude frappante avec celui de Périgueux, aussi bien dans le choix des instruments que des constructeurs. En 1884, il devint le premier professeur de physique du lycée Janson-de-Sailly, «où il a déployé un très grand zèle pour l'installation des cabinets de physique et les laboratoires de chimie¹». Pour des raisons de santé, il dut s'orienter vers des postes administratifs. Il termina sa carrière comme proviseur du lycée Janson-de-Sailly.

1 - Toutes les citations sont extraites de son dossier de carrière (Arch. nat., CHAN, F/17/21905/A).

Émile BOUANT (1840-ap.1908)

Né en 1847, ce professeur, ancien élève de l'École normale supérieure, succéda à Ernest Fourteau en 1872, comme chargé de cours. La qualité de ses cours, «bien préparés et accompagnés de nombreuses expériences», est appréciée. Agrégé de sciences physiques en 1877, il quitte alors Périgueux pour Poitiers. En 1879, il demanda sa nomination au Prytanée militaire où il espérait trouver des ressources scientifiques plus importantes. Déçu, il demanda en 1884 un poste au lycée Charlemagne, où il termina sa carrière. En 1884, il fait parvenir au ministère les premières feuilles de son *Cours de chimie*, déclarant : «J'ai rédigé plusieurs ouvrages d'enseignement qui sont actuellement adoptés dans un grand nombre de lycées et dans la plupart des écoles normales d'instituteurs²». Il est en effet l'auteur de plus de 25 ouvrages, notamment scolaires, mais aussi de dictionnaires. L. Troost, de l'Académie des sciences, préfaçant son *Dictionnaire de chimie*, le considérait comme «un excellent ouvrage, dont la place est marquée parmi les meilleurs et les plus utiles de ceux que la chimie fait éclore».



Henri DESSENS (1911-1971)

Après une licence de sciences physiques en 1932, un diplôme d'études supérieures en 1933, une licence de mathématiques en 1934, il fut nommé au lycée de Périgueux en 1938. Agrégé de sciences physiques en 1939, puis docteur ès sciences physiques en 1945, il quitta Périgueux. En 1948, il devint en 1948 directeur de l'Institut et observatoire de physique du globe (Puy-de-Dôme) et, en 1962, professeur de physique du globe de la Faculté des sciences de Toulouse. Il devint membre correspondant de l'Académie des sciences en 1964. Ses travaux remarquables lui valurent, entre autres, le prix Saintour de l'Académie des sciences en 1952 et le Grand Prix de la recherche scientifique en 1956.



coll. : A. D. de la Dordogne

2 - Citations extraites de son dossier de carrière (Arch. nat., CHAN, F/17/22059/B).

Constructeurs des instruments scientifiques du cabinet de physique du Lycée Bertran de Born

Francis Gires,

Professeur de sciences physiques au Lycée-collège Saint-Joseph

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 cotés 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.

cat. 105 - Galvanomètre Deprez d'Arsonval (Galvanomètre Deprez d'Arsonval) (J.Carpentier, Paris)

cat. 123 - Oscillographe double de Peschard et Zurcher (Les éléments de suspension des cadres et les miroirs ont été achetés chez la Maison Carpentier et l'oscillographe a été fabriqué par le laboratoire du Lycée de Périgueux en 1936)

cat. 117 - Bobine de Ruhmkorff (J.Carpentier, Paris)

CHAUVIN et ARNOUX (1894 – 2005...)

La Maison a été fondée en 1893 par Raphaël Chauvin, ingénieur, qui s'est associé, un an plus tard, avec René Arnoux, ingénieur conseil de la société de la Compagnie Continentale Edison. Cette maison qui a eu une influence considérable dans le domaine des mesures électriques notamment, et ce jusqu'à nos jours, a déposé pas moins de 350 brevets comme l'ohmmètre de magnéto en 1905, le «contrôleur universel» en 1927 etc...

cat. 107 - Ampèremètre et voltmètre thermiques (Chauvin & Arnoux, ingénieurs et constructeurs, Paris)

cat. 106 - Ampèremètres et voltmètre aperiodiques (Chauvin & Arnoux, ingénieurs et constructeurs, Paris)

cat. 104 - Galvanomètre à cadre mobile (Chauvin & Arnoux, ingénieurs constructeurs, 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 précisions 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.

cat. 2 - Machine d'Atwood (Deleuil à Paris)

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 en tout genre, 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.

cat. 82 - Condensateur d'Aepinus (E.Ducretet à Paris)

cat. 116 - Magnéto à courant alternatif (Ducretet à Paris)

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

cat. 49 - Appareil de Tyndall (Ducretet & Lejeune, Paris)

cat. 114 - Bobine double de Faraday (Ducretet Lejeune)

cat. 100 - Table d'Ampère et accessoires (solénoïde et cadre multiplicateur) (E.Ducretet et L.Lejeune à Paris)

DUCRETET et Cie

cat. 14 - Baromètre de Fortin (Ducretet & Cie, rue des Ursulines, 21, Paris)

A.GAIFFE (1856 – 1895)

La Maison, fondée par Ladislas Adolphe Gaiffe (1832-1887), fabriqua 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. À la mort de Adbank G.Gaiffe travailla sous la raison sociale «G.Gaiffe constructeur, Paris».

cat. 117- Bobine de Ruhmkorff (A. Gaiffe, fabricant d'instruments de précision, 40, rue Saint-André des Arts, Paris)

cat. 112 - Manipulateur inverseur (A.Gaiffe)

G.GAIFFE (1900- ?)

cat. 63 - Régulateur photoélectrique (A.Gaiffe, G.Gaiffe successeur, fabricant d'instruments de précision, 40 rue Saint-André des Arts, Paris)

L.GOLAZ (1830 - 1895?)

La Maison a été fondée en 1830, par L.Golaz père qui construisit des appareils de physique et chimie mais aussi de météorologie et des dispositifs pour la fabrication d'explosifs.

Régnauld lui confia la construction des appareils nécessaires à l'étude de la compression et dilatation des gaz, la densité et la chaleur spécifique des solides et liquides. Berthelot fit de même pour ses recherches en thermochimie.

Il fabriqua aussi des trompes à vide entièrement métalliques du plus petit modèle utilisé dans les laboratoires, hôpitaux... jusqu'au plus grand modèle pour l'industrie.

cat. 45 - Hygromètre d'Alluard (H.Golaz, 252, rue Saint-Jacques, Paris, 1892)

H.KOHLBUSCH (1860 -1890)

Hermann Kohlbusch (1822-1903), d'origine allemande, immigra, en 1851, en Amérique et établit, en 1859, sa société de fabrication de balances à New York. Vers 1908, la Société prend le nom de Seederer-Kohlbusch et peu de temps après le logo est devenu SEKO.

cat. 7 - Balance de précision (H.Kohlbusch, New York)

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.

cat. 35 bis - Sonomètre différentiel de Marloye (Marloye et Cie)

cat. 36 - Plaques vibrantes pour figures de Chladni (Marloye et Cie)

cat. 29 - Tuyaux sonores (modèle d'embouchure de flûte, tuyau à coulisse, tuyau à lèvres supérieure mobile...) (Marloye et Cie)

cat. 26 - Diapason sur boîte de résonance (Marloye et Cie)

N.C.PIXII (1815 -1861) A.H.PIXII (fils) (1830 ? - 1835 ?)

Vers 1815, les frères Dumotiez, fabricants français d'instruments, cessèrent leurs activités qui furent reprises par leur neveu Nicolas-Constant Pixii-Dumotiez (1776-1861). Il devint rapidement l'un des constructeurs de très grande renommée du 19ème siècle et mit son talent au service de très nombreux savants français ou étrangers.

Son fils, Antoine-Hippolyte (1808-1835 ?) eut une vie très brève mais apporta une contribution importante dans le domaine des machines électriques. En 1832, il inventa avec William Ritchie le premier dispositif qu'il appela machine «magnéto-électrique» pour produire un courant continu par des moyens mécaniques.

cat. 71 - Balance de Coulomb (Pixii, Père et Fils, Paris)

cat. 81 - Tourniquet électrique (par comparaison avec celui du CNAM, inv.24121)

cat. 15 - Tube de Mariotte (Tube de Mariotte par Pixii, Père et Fils, rue de Grenelle St Germain, 181, Paris)

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 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.

cat. 27 - Électro-diapason (Radiguet & Massiot, 13 et 15 Bd des filles du calvaire, Paris)

cat. 101 - Roue de Barlow (Radiguet & Massiot, 13 et 15 Bd des filles du calvaire, 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.

cat. 103 - Galvanomètre ou multiplicateur de Nobili (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.

cat. 33 - Tuyau à anche libre (J.Salleron, 24 rue Pavée, Paris)

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 assumait 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.

cat. 63 - Lanterne à arc électrique et accessoires (Soleil, rue de l'Odéon à Paris)

cat. 60 - Banc de diffraction et d'interférences (Soleil, rue de l'Odéon à Paris)

cat. 57 - Système de deux prismes achromatique (Soleil à Paris)

cat. 58 - Diasporamètre de Rochon (Soleil, rue de l'Odéon à Paris)

cat. 56 - Disque de Newton (Soleil, rue de l'Odéon à Paris)

DUBOSQ et SOLEIL (1849 - 1883)

cat. 59 - Lunette astronomique et terrestre (Duboscq et Soleil, Paris)

J.DUBOSQ et PH.PELLIN (1883 - 1886)

cat. 64 - Lumière Drummond (Pellin Duboscq)

Maison Jules DUBOSQ Ph.PELLIN (1886 - 1900)

cat. 53 - Polyprisme (Maison Jules Duboscq, Ph. Pellin, Paris)

Maison Jules DUBOSQ PH et F.PELLIN (1900- 1911)

cat. 55 - Lentilles (Maison J.Duboscq, Ph & F.Pellin, 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.

M.DAUMAS, *les instruments scientifiques au XVIIe et XVIIIe siècles*, PARIS, 1953.

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

Essai de typologie

Francis Gires,

Professeur de sciences physiques au Lycée-collège Saint-Joseph

Les instruments scientifiques de ce cabinet ont été classés par disciplines : **Pesanteur, Hydrostatique, Propriétés des gaz, Acoustique, Chaleur, Optique, Magnétisme, Électricité statique, Électricité dynamique** 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 Ramsden, pompe aspirante, moteur Stirling...*

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 d'Alluard, 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, bicône de Nollet...

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

Les cotes des instruments sont exprimées en centimètres.

Répartition des instruments par différents types :

Didactique : 44%
Utile : 26%
Utile-mesure : 22%
Récréatif : 11%

Répartition des instruments par disciplines :

Pesanteur : 5,6%
Hydrostatique : 4,8%
Propriétés des gaz : 5,6%
Acoustique : 13,7%
Chaleur : 10,5%
Optique : 11,3%
Magnétisme : 3,2%
Électricité statique : 21,8%
Électricité dynamique : 23,4%

Rédaction du catalogue :

Francis Gires

Professeur de sciences physiques au Lycée-collège Saint-Joseph à Périgueux

avec la collaboration de :

Guy Batifoix,

Professeur de sciences physiques honoraire

Vincent Besnard,

Conseiller académique à la culture scientifique, Académie de Bordeaux

Jean-Pierre Devalance,

Professeur de sciences physiques, chargé de mission d'inspection pédagogique

Jean-Pierre Durandau,

Inspecteur d'académie honoraire

Gilles Lapeyre,

Responsable de la culture scientifique de la Dordogne

Roger Sahun,

Conseiller académique honoraire à la culture scientifique



PESANTEUR

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.

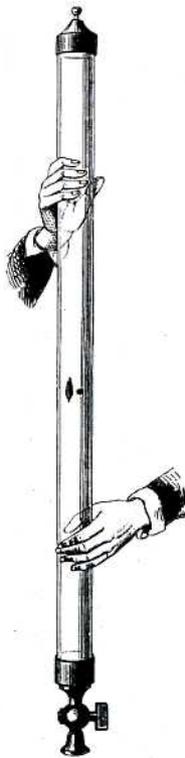
La mesure de l'intensité de la pesanteur appelée gravimétrie a de nombreuses applications dans le domaine de la prospection minière ou pétrolière, la recherche de cavités naturelles ou créées par l'homme...

1 TUBE DE NEWTON

Loi ou Phénomène → Tous les corps tombent dans le vide à la même vitesse.

Description → C'est un tube de verre d'environ 2 mètres de long, fermé à ses extrémités dont l'une est munie d'un robinet et peut se visser sur une pompe à vide. Il contient des corps de différentes matières : papier, plume, liège, plomb...

Expérience → Après avoir fait le vide d'air dans le tube, on retourne celui-ci brusquement. On constate que tous 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, inégalement vite.



H : 157 - d : 5

→ Remarque

*C'est la résistance de l'air, en grande partie, qui ralentit la chute des corps.
Le parachute, par exemple, avec sa grande surface, utilise cette propriété.*

2 MACHINE D'ATWOOD

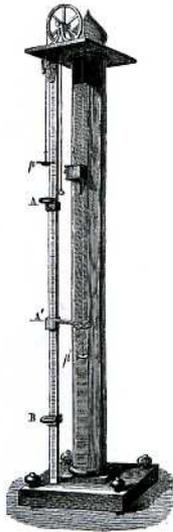
Loi ou phénomène → **Loi des espaces** : *les espaces parcourus par un corps qui tombe librement dans le vide sont proportionnels aux carrés des temps mis à les parcourir.*

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, placé à côté, donne la durée pendant laquelle 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, tout en permettant à ce dernier 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 mis à les parcourir.



H : 226 - L : 49 - l : 49

constructeur :
Deleuil à Paris

→ 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 temps de chute.*

3 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.

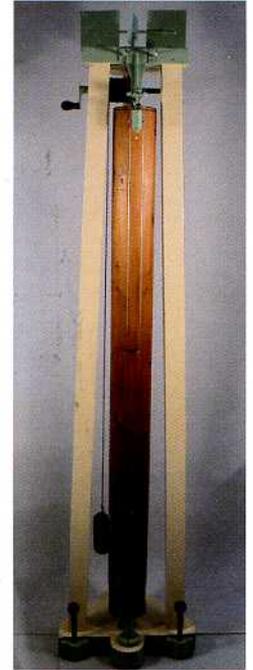
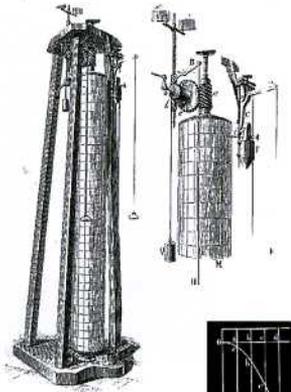
Le mobile est une masse de fonte (P), portant un crayon (i), pressé contre le papier par un ressort. Dans sa chute, cette masse est guidée par deux fils de fer tendus. Ce mobile est retenu par un levier coudé (AC) relié à un cordeau (K) qui permet de le libérer.

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 placé à la partie supérieure de l'appareil. Le poids moteur (Q) est également élevé, puis on l'abandonne à lui-même. Lorsqu'il a parcouru les trois quarts de sa course, on libère le mobile qui tombe en traçant une courbe qui est un arc de parabole.

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

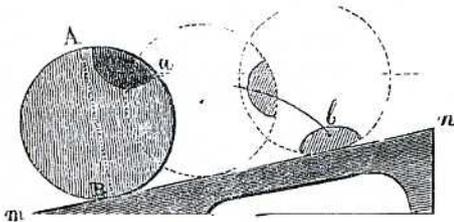
Les ordonnées sont les espaces parcourus, les longueurs oa , ob , oc sont proportionnelles aux temps de parcours. Donc la loi est vérifiée : les espaces sont proportionnels aux carrés des temps mis à les parcourir.



H : 197 - L : 42 - I : 42

4 CYLINDRE REMONTANT UN PLAN INCLINÉ

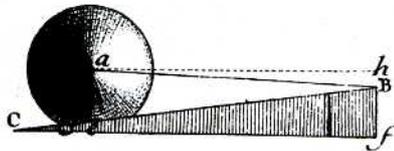
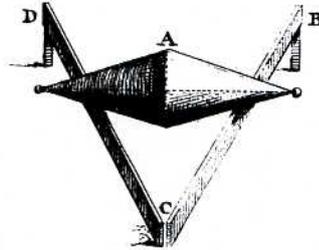
- Loi ou Phénomène** → La stabilité d'un corps correspond à la position la plus basse de son centre de gravité.
- Description** → Il s'agit d'un cylindre de bois dans lequel a été incrusté une masse de plomb, située tout près du bord.
- Expérience** → On place sur le plan incliné le cylindre de bois 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.



L : 50 - I : 13

5 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** → Il se compose d'un solide en forme de bicône et d'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», en tournant, le plan incliné 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.



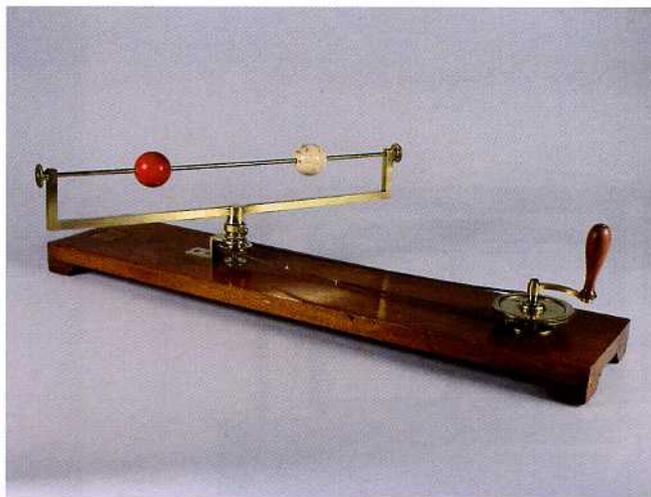
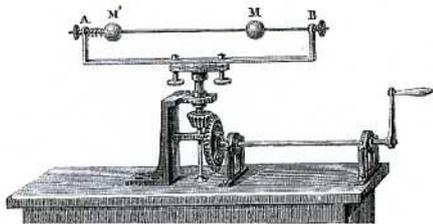
L : 34 - d : 15

6 APPAREIL DE LA FORCE CENTRIFUGE

Loi ou Phénomène → Mise en évidence des 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 : 18 - L : 70 - I : 16

→ Remarque

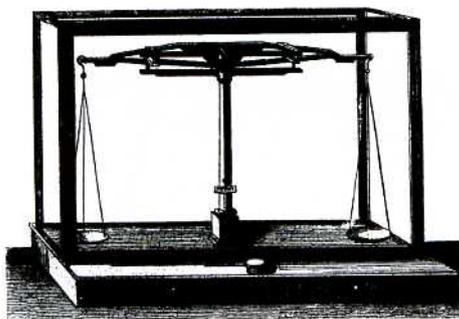
Ce principe est utilisé dans les régulateurs de vitesse de certains moteurs.

7 BALANCE DE PRÉCISION

Fonction → Mesurer la masse d'un corps.

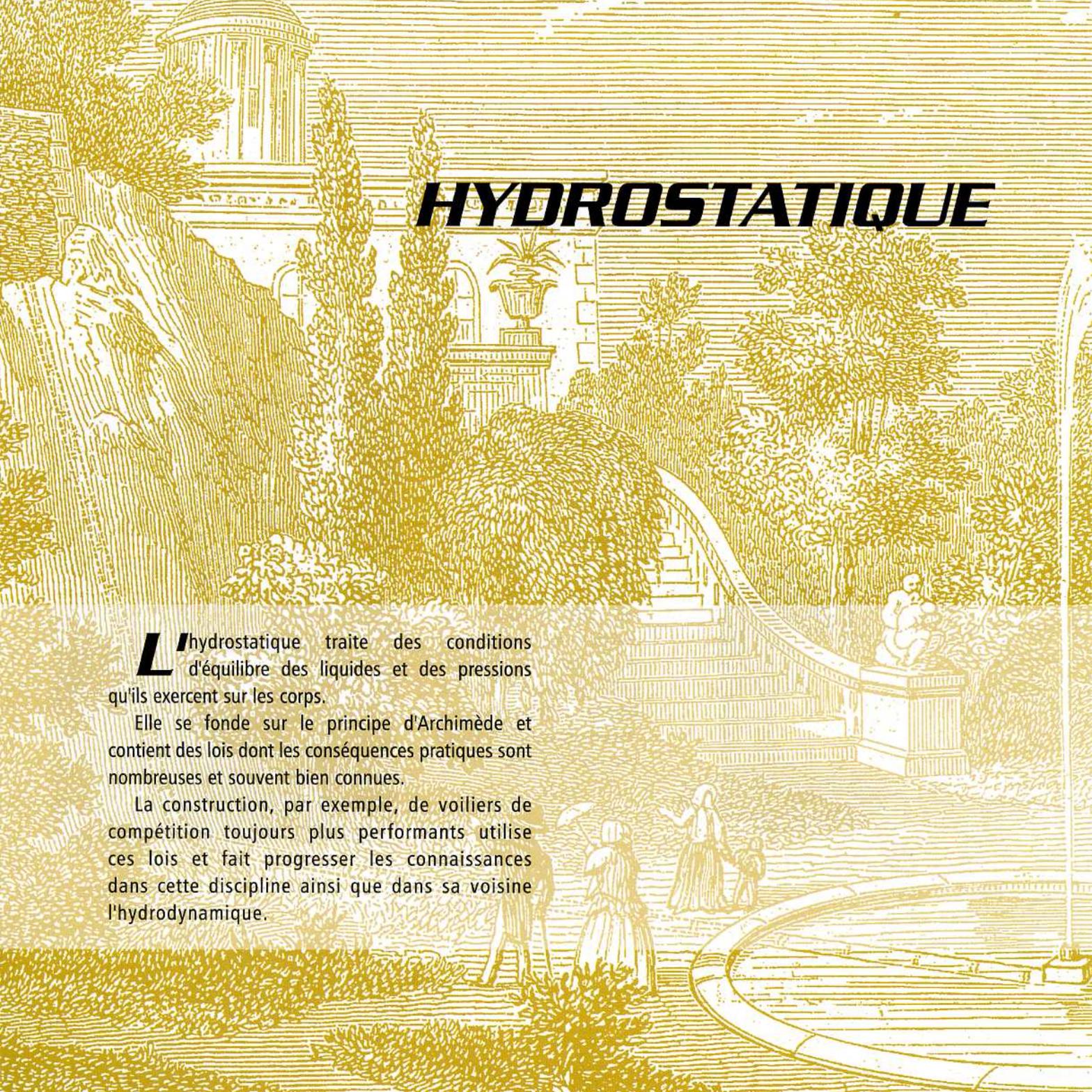
Description → Par rapport à une balance ordinaire, elle comporte une pièce métallique, la fourchette, que l'on peut élever ou abaisser à l'aide d'un levier afin d'empêcher l'arête des couteaux de s'émauser en appuyant toujours sur la chape. Elle est enfermée dans une cage en verre pour la protéger des 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.



H : 45 - L : 43 - I : 25

constructeur :
H. Kohlbusch, New-York



HYDROSTATIQUE

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.

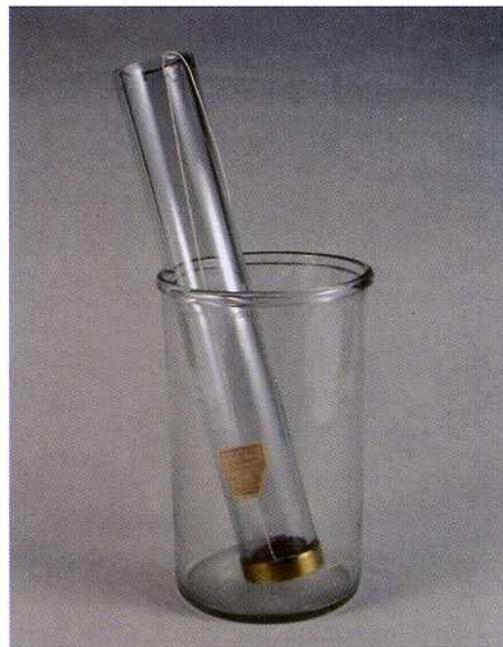
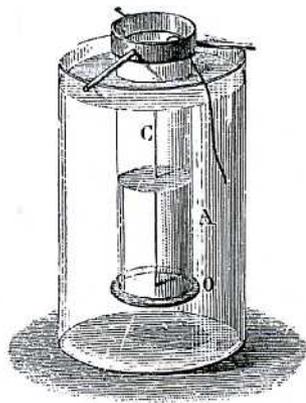
8 APPAREIL À OBTURATEUR

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 déjà qu'il subit, de bas en haut, une force pressante supérieure à son poids.

Enfin, on verse lentement de l'eau dans le tube, l'obturateur supporte le poids du liquide, et il 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.



L : 39 - d : 6

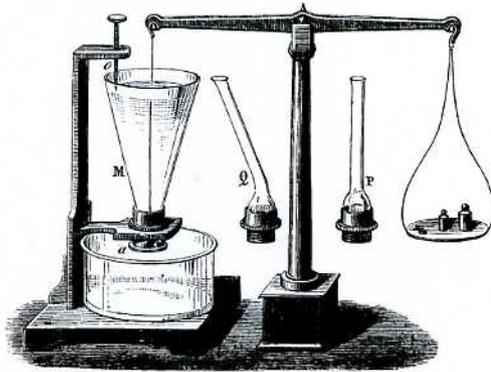
9 APPAREIL DE MASSON

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, elle 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 : 34 - L : 29 - I : 13

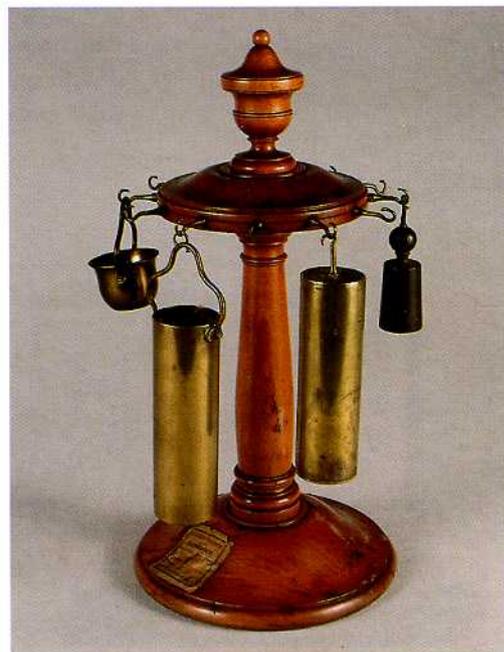
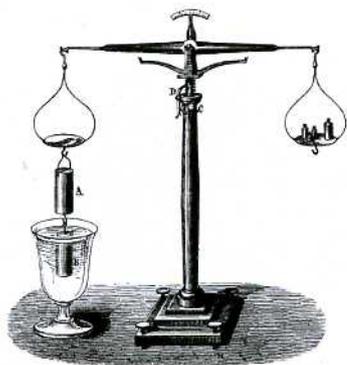
10 BALANCE HYDROSTATIQUE (accessoires)

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 : 33 - d : 15

→ Remarque

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

11 LUDION

Loi ou phénomène → Un corps immergé peut flotter ou couler en fonction de la pression exercée sur le liquide.

Description → Il se compose d'une éprouvette de verre partiellement remplie d'eau, et fermée par une membrane de baudruche.

Dans le liquide se trouve une petite figurine d'émail, soutenue par une boule de verre creuse, contenant de l'air et de l'eau, et qui, au repos, flotte à la surface.

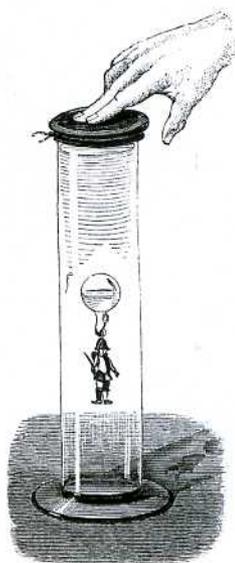
Cette boule est munie à sa partie inférieure d'un orifice par lequel l'eau peut pénétrer ou sortir.

La quantité d'eau préalablement introduite est telle qu'un très petit excès de poids le fait descendre.

Expérience → Si l'on exerce avec la main une légère pression sur la membrane, le ludion descend.

En effet, l'air en dessous de la membrane est comprimé. 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, rendu plus lourd, s'immerge.

Si on cesse d'appuyer sur la membrane, la pression diminue ; l'air contenu dans la boule reprend son volume initial et chasse l'eau ; le corps immergé, devenu plus léger, flotte de nouveau.



H : 27 - d : 7

→ Remarque

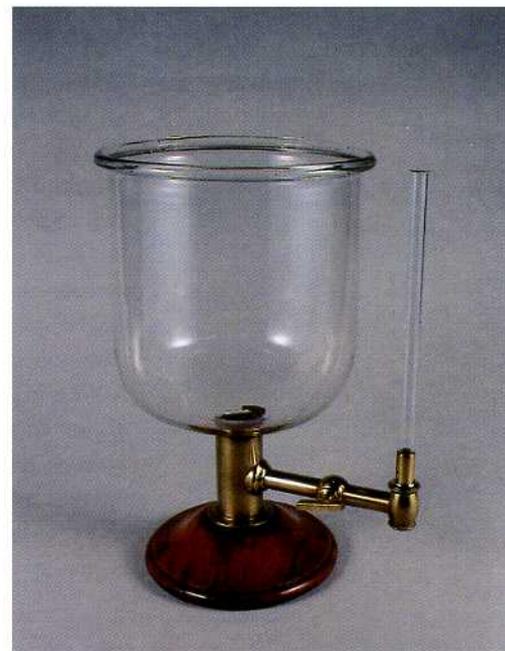
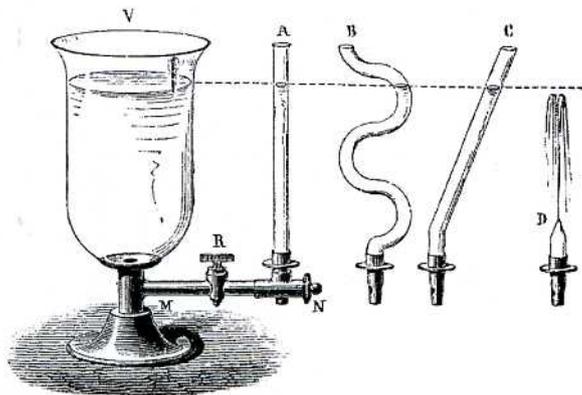
Les vessies natatoires des poissons et les ballasts des sous-marins sont des applications de ce phénomène.

12 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.

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 : 37 - L : 27 - I : 22

→ Remarque

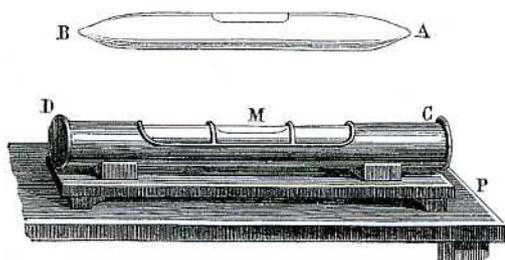
Les niveaux à eau, puits artésiens, jets d'eau artificiels sont des applications de ce principe.

13 NIVEAU À BULLE D'AIR

Fonction → Repérer l'horizontalité d'une ligne ou d'un plan.

Description → Il consiste en un tube de verre (AB) très légèrement cintré, qu'on remplit d'un liquide très fluide, comme l'alcool ou l'éther, en y conservant une petite bulle d'air. Ce tube, soudé à la lampe à ses deux extrémités, est placé dans un étui en laiton (CD) ouvert en dessus. Celui-ci est fixé sur une règle de même métal, dressée avec soin, de manière que lorsque l'instrument repose sur un plan horizontal (P), la bulle d'air (M) s'arrête exactement entre les deux points de repère marqués sur l'étui.

Mode opératoire → Pour prendre des nivellements on le fixe à une lunette.



H : 2 - L : 16 - I : 2

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^e 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.

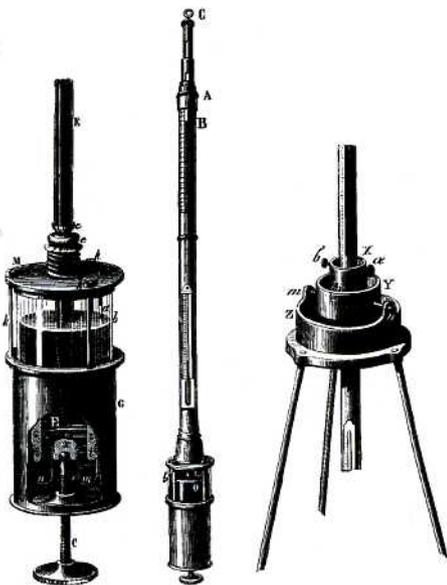
14 BAROMÈTRE DE FORTIN

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 : 12

constructeur :
Ducretet & Cie,
rue des Ursulines, 21, Paris

15 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.

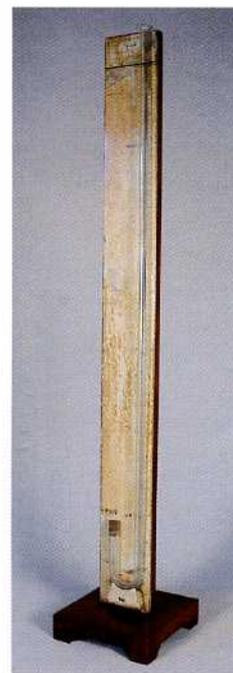
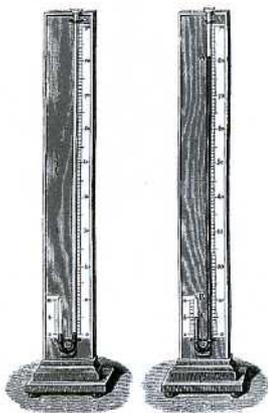
Les zéros des deux échelles sont sur une même ligne horizontale.

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 l'atmosphère exerce 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 des deux niveaux de mercure.

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



H : 111 - L : 20 - I : 20

constructeur :

Pixii, père et fils,
rue de Grenelle Saint-Germain,
181, Paris

16 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 (cas des pressions inférieures à 1 atmosphère).

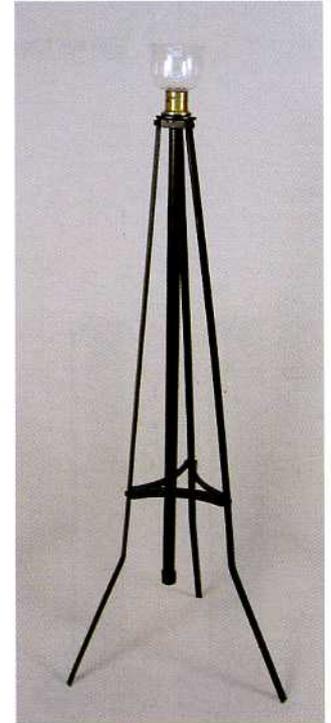
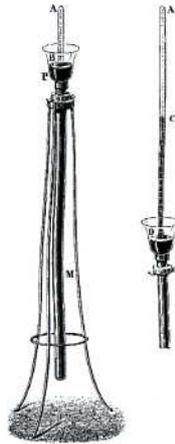
Description → Il s'agit d'une cuvette (P) en verre dont le fond est constitué par un long et large tube (M) en fer.

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, enfermée 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 : 109 - L : 38 - I : 38

17 POMPE DE COMPRESSION

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

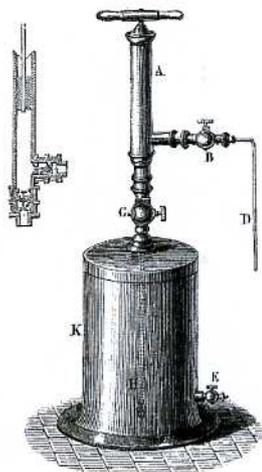
Description → C'est une pompe aspirante et foulante composée d'un corps de pompe (A) d'un petit diamètre, dans lequel on fait mouvoir à la main, au moyen d'une poignée, un piston plein, c'est-à-dire sans soupape.

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.

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

Mode opératoire → On verse dans le vase (K) le liquide (en général de l'eau). 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.



L : 33 - I : 22

→ Remarque

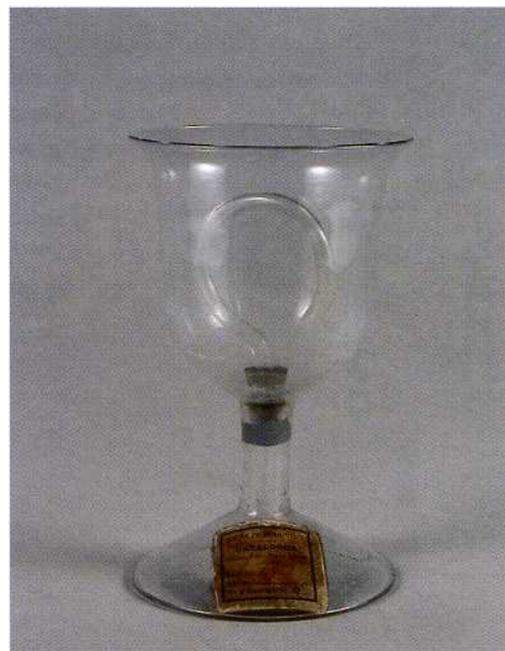
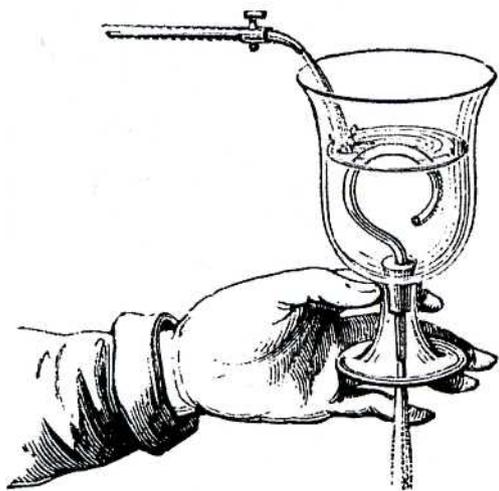
C'est à l'aide d'appareils analogues que sont fabriquées les eaux gazeuses artificielles.

18 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 constante, 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 constante, le niveau s'élève de nouveau, et la même série de phénomènes se renouvelle périodiquement.



H : 16 - d : 9

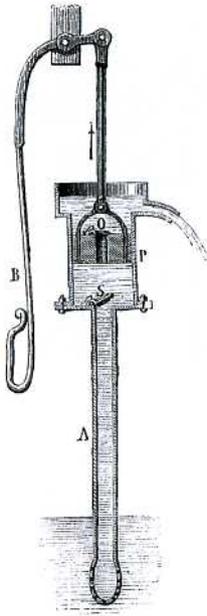
19 POMPE ASPIRANTE (Maquette)

Fonction → Élever l'eau sous l'effet de la pression atmosphérique.

Description → La pompe aspirante se compose :

- d'un corps de pompe cylindrique portant à sa partie supérieure un tube de déversement et percé à sa base d'un large trou muni d'une soupape à clapet (S), s'ouvrant de bas en haut.
- d'un tuyau d'aspiration (A) plongeant dans le liquide qu'on veut élever.
- d'un piston (P) animé d'un mouvement de va-et-vient. En son centre le piston est percé d'un large trou muni d'une soupape à clapet (O), s'ouvrant aussi de bas en haut.

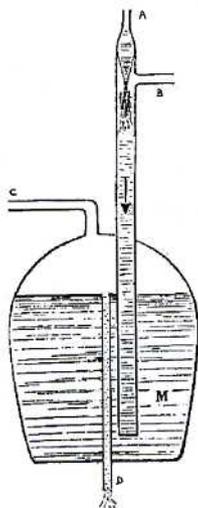
Mode opératoire → Il faut actionner plusieurs fois le piston pour amorcer la pompe c'est-à-dire pour que l'eau pénètre dans le corps de pompe. A partir de ce moment : pendant la descente du piston la soupape (S) se ferme, l'eau comprimée soulève la soupape (O) et pénètre au dessus du piston. En se refermant, le piston la soulève ensuite jusqu'au tuyau de déversement. S'il n'y a plus d'air ni dans le corps de pompe ni dans le tube d'aspiration, l'eau poussée par la pression atmosphérique, suit le piston pendant sa course.



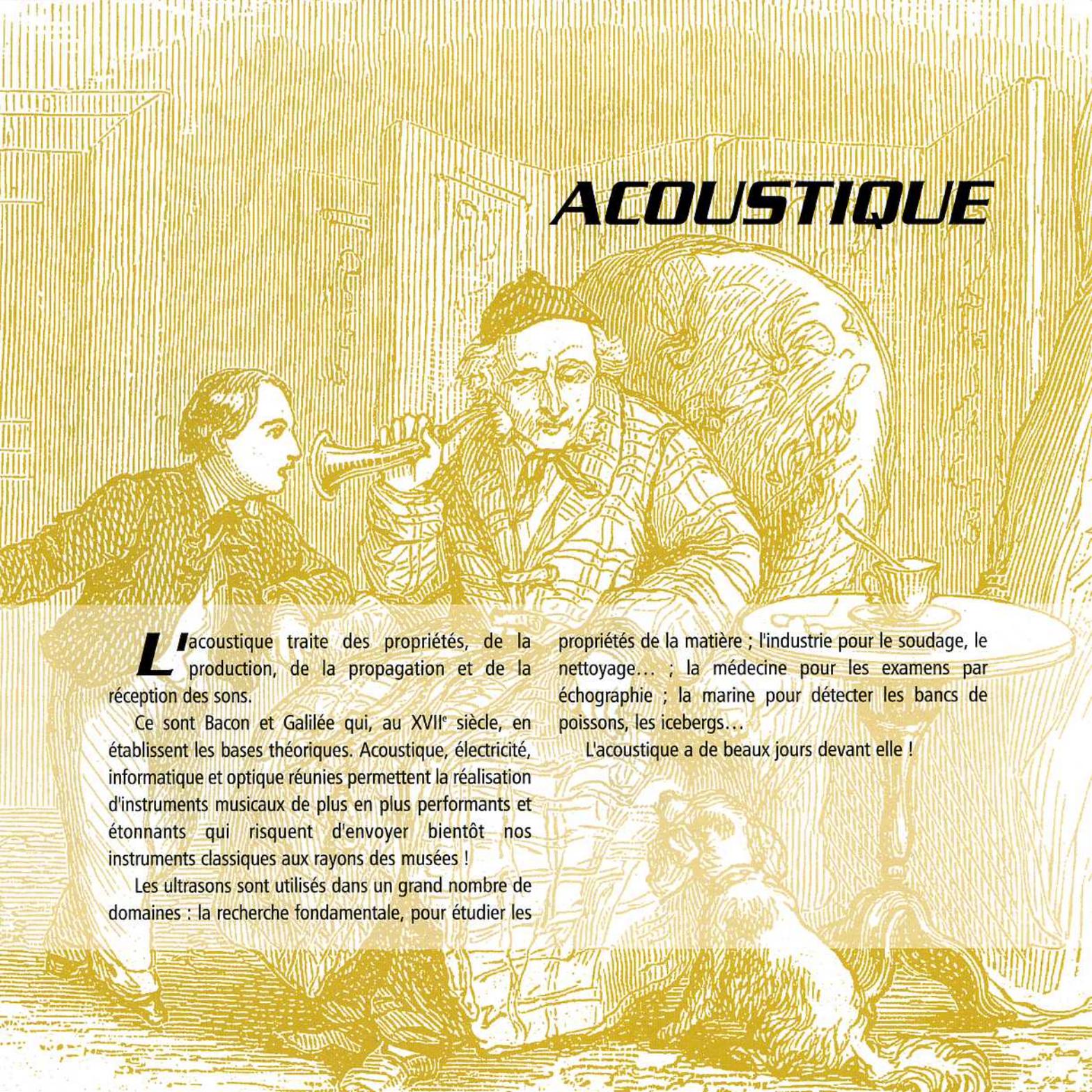
H : 23 - L : 23 - I : 14

20 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.
- 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 : 38 - d : 10



ACOUSTIQUE

Lacoustique traite des propriétés, de la production, de la propagation et de la réception des sons.

Ce sont Bacon et Galilée qui, au XVII^e 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 !

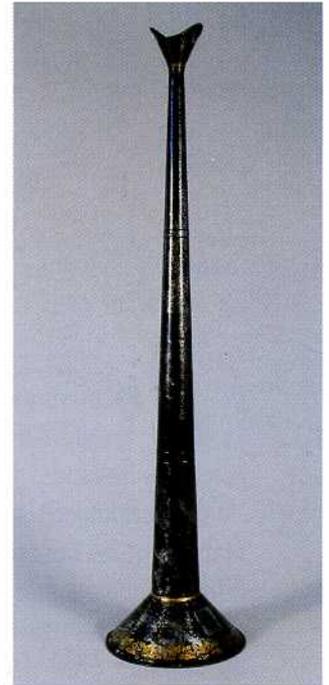
21 PORTE-VOIX

Fonction → Transmettre la voix à distance.

Description → C'est un tube de fer-blanc ou de laiton, légèrement conique et très évasé à l'une de ses ouvertures, qu'on nomme «pavillon».

Les porte-voix en usage dans la marine ont jusqu'à 2 mètres de longueur, avec un pavillon dont le diamètre atteint 30 centimètres.

Mode opératoire → On parle devant l'embouchure. Un bon porte-voix peut faire entendre des sons à 5 ou 6 kilomètres



H : 97 - d : 22

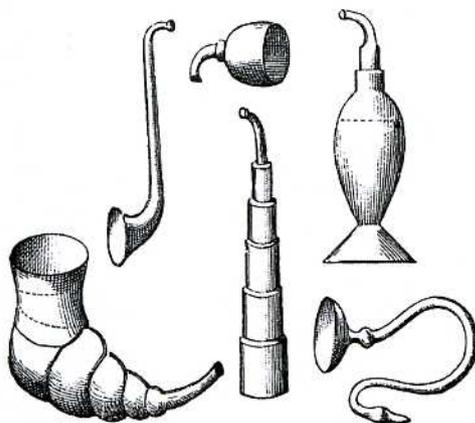
22 CORNET ACOUSTIQUE

Fonction → Augmenter l'intensité des sons perçus pour suppléer au défaut de sensibilité de l'ouïe.

Description → C'est un tube conique de métal, évasé et contourné de diverses façons.

Mode opératoire → L'extrémité étroite du tube conique est appliquée dans l'oreille et le pavillon dirigé vers le point d'où vient le son.

Les tranches d'air comprimées ou dilatées qui arrivent à l'ouverture extérieure transmettent leur compression à des tranches de sections de plus en plus petites, et par conséquent, la propagent avec une intensité croissante.



L : 18 - d : 9

23 MÉTRONOME

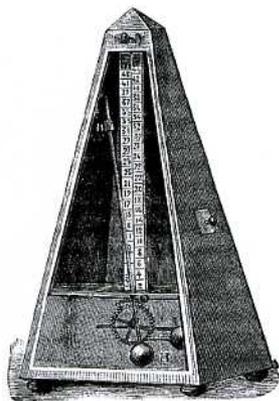
Fonction → Marquer la mesure pour les musiciens.

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 : 23 - L : 11 - I : 11

24 SIRÈNE DE CAGNIARD-LATOURE

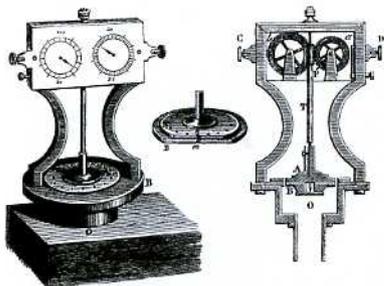
Fonction → Mesurer la fréquence d'un son.

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 : 16 - L : 8,5 - I : 6

→ Remarque

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

25 ÉPROUVETTE POUR LA RÉSONANCE

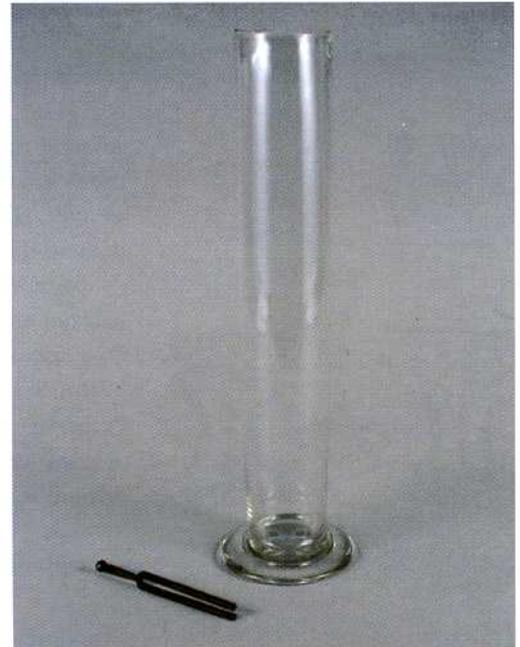
Loi ou phénomène → Lorsqu'un corps peut émettre certains sons, on peut l'exciter en produisant l'un de ces sons dans son voisinage. Ce corps vibre alors à l'unisson, en renforçant le son excitateur, on dit qu'il joue le rôle de résonateur.

Description → Il s'agit d'une longue éprouvette à pied, en verre.

Expérience → On approche un diapason mis en vibration de l'ouverture de l'éprouvette. En général on ne perçoit aucun renforcement du son. Mais si on verse petit à petit de l'eau ou du mercure dans l'éprouvette, de façon à raccourcir progressivement la colonne d'air qui l'occupe, il arrive un moment où celle-ci vibre à son tour et renforce vigoureusement le son du diapason.

Avec une nouvelle addition de liquide, le renforcement du son disparaît.

On constate donc que, pour constituer un résonateur efficace pour une note donnée, la colonne d'air doit avoir une hauteur déterminée.



H : 42 - d : 7

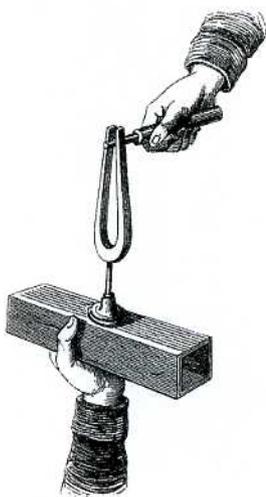
26 DIAPASON SUR BOÎTE DE RÉSONANCE

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, fermée à l'une de ses extrémités appelée boîte de résonance.

Mode opératoire → On la fait vibrer 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 : 30 - L : 32 - l : 12

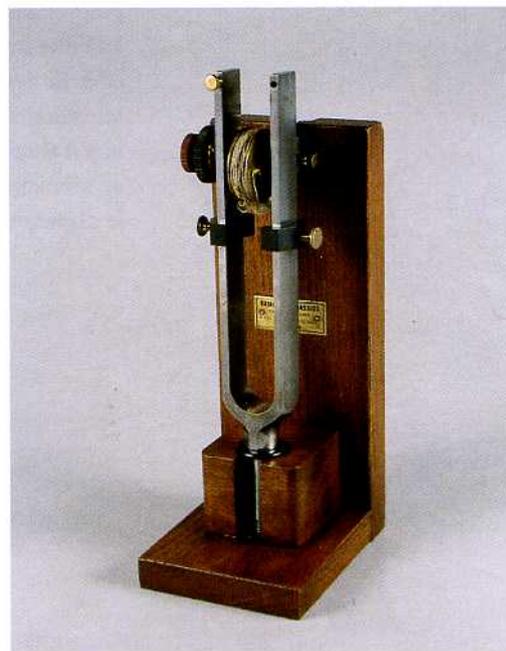
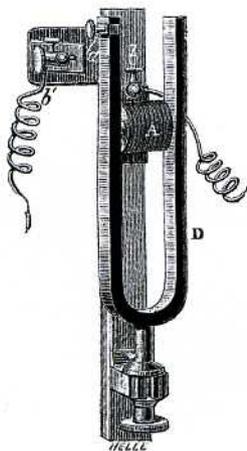
constructeur :
Marloye et Cie

→ Remarque

Ce n'est qu'en 1859 qu'on adopta un « diapason normal », obligatoire pour tous les établissements musicaux de France, dont les dimensions sont telles qu'il effectue 435 vibrations par seconde, ce qui correspond à une note émise qui est le La3. Un étalon est déposé au Conservatoire de Musique de Paris.

27 ÉLECTRO-DIAPASON

- Fonction** → Entretenir électriquement les vibrations d'un diapason.
- Description** → Entre les branches d'un diapason est placé un électro-aimant dont une extrémité est reliée au diapason et l'autre à une borne (b) en contact avec l'un des pôles d'une pile.
- Mode opératoire** → Une branche du diapason porte un fil de platine (a) dont le bout libre est voisin d'une lame de platine isolée, reliée à l'autre borne de la pile par une borne (b'). On branche la pile, le diapason vibre, le fil (a) vient toucher la lame de platine et ferme le circuit de la pile, l'électro-aimant (A) s'aimante et attire les branches du diapason. Le fil (a) s'éloigne alors de la lame et ouvre le circuit. Le circuit est de nouveau fermé au retour des branches du diapason et ainsi de suite tant que la pile est branchée.

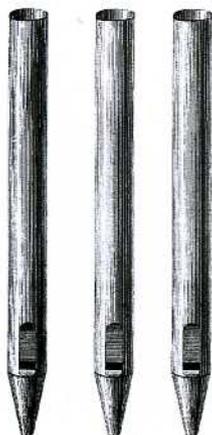


H : 28 - L : 13 - I : 10

constructeur :
Radiguet & Massiot,
13 et 15 Bd des Filles du Calvaire,
Paris

28 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, seul le timbre diffère.
- 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, seul le timbre diffère.



L : 40 - d : 4

→ 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.

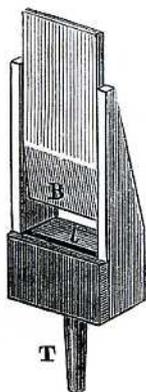
29 MODÈLE D'EMBOUCHURE DE FLÛTE

Loi ou phénomène → Montrer que dans une embouchure de flûte la hauteur du son dépend 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.

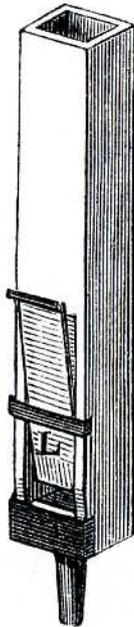


H : 3 - L : 19 - l : 6

constructeur :
Marloye et Cie

30 TUYAU À LÈVRE SUPÉRIEURE MOBILE

- Loi ou phénomène** → Influence de la grandeur de l'embouchure.
- Description** → Il s'agit d'un tuyau sonore à embouchure de flûte dont la lèvre supérieure peut coulisser à volonté.
- Expérience** → Quand la lèvre est écartée de la lumière, on obtient le son fondamental, et quand on l'en rapproche, le son saute à l'octave aiguë.



H : 66 - I : 7

constructeur :
Marloye et Cie

31 TUYAU À COULISSE

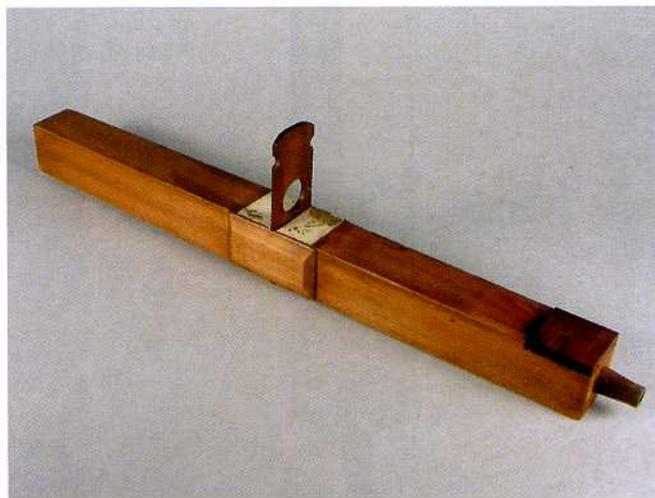
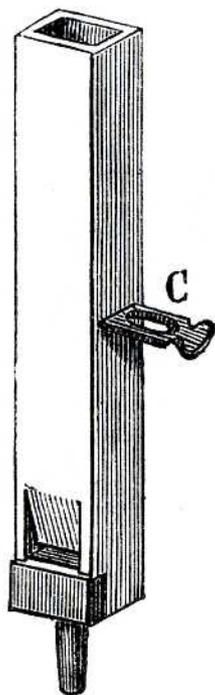
Loi ou phénomène → Le son fondamental rendu par un tuyau fermé est le même que celui rendu par un tuyau ouvert de longueur double.

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 : 64 - l : 7

constructeur :
Marloye et Cie

32 TUYAU OUVERT POUR LA PRODUCTION DES HARMONIQUES

- Loi ou phénomène** → Loi des harmoniques d'un tuyau ouvert : *un même tuyau sonore peut rendre une série de sons qu'on nomme ses harmoniques. La série des harmoniques se compose de sons dont les nombres de vibrations sont entre eux comme les entiers consécutifs 1,2,3,4...*
- Description** → Il s'agit d'un tuyau sonore étroit, en verre, dont le pied est muni d'un robinet.
- Expérience** → On adapte l'ensemble tuyau-robinet sur une soufflerie dont on règle l'arrivée d'air de manière à obtenir un courant d'air de plus en plus rapide, en ouvrant graduellement le robinet, et en exerçant avec la main des pressions croissantes sur le soufflet. On entend alors le son fondamental, puis une série de sons de plus en plus élevés appelés harmoniques.



H : 47 - d : 2

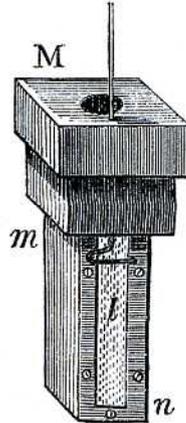
33 TUYAU À ANCHE LIBRE

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

Description → Il s'agit d'un tuyau nommé porte-vent qui reçoit l'air d'un côté et fermé à son extrémité opposée par un bouchon percé (M).

Ce bouchon est prolongé à sa partie inférieure, par une petite caisse rectangulaire (mn) dont une des faces, en laiton, porte une large fenêtre, à travers laquelle la languette (l) peut vibrer en rasant les bords.

Expérience → Sous l'effet du courant d'air, la languette rentre dans la caisse, l'air s'échappe ; il en résulte une diminution momentanée de la pression. Par son élasticité la languette revient et passe alors, grâce à la vitesse acquise, en dehors de la caisse. Elle revient ensuite en arrière et repasse par sa position initiale et ainsi de suite.



H : 4 - L : 32 - l : 4

constructeur :

J. Salleron,
24 rue Pavée, Paris

34 FLAMMES MANOMÉTRIQUES DE KÖENIG

Loi ou phénomène → Etat vibratoire de l'air contenu dans un tuyau sonore.

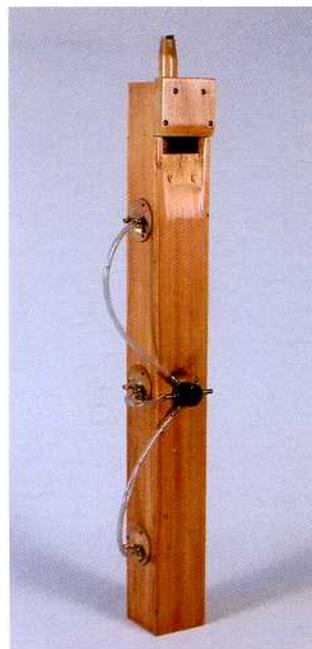
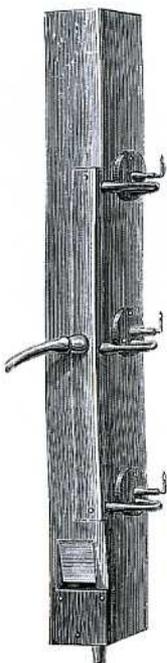
Description → Sur une des parois d'un tuyau sonore rectangulaire se trouve une chambre dans laquelle arrive du gaz d'éclairage par un tuyau en caoutchouc.

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 appliqué un bec de gaz. La membrane constituant le fond des capsules est en contact avec l'air du tuyau et vibre de la même façon.

Expérience → Les trois becs étant allumés, si l'on fait émettre d'abord 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 supérieure alors ce sont les flammes des becs extrêmes qui s'éteignent, celle du bec central reste allumée et stable.

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



L : 75 - I : 8

35 SONOMÈTRE

Loi ou phénomène → **Loi des vibrations transversales des cordes** : *pour une corde de tension constante, le nombre de vibrations par seconde est inversement proportionnel à la longueur, au rayon et à la racine carrée de la densité de la corde, et proportionnel à la racine carrée du poids qui la tend.*

Description → Il se compose d'une caisse de bois mince, destinée à renforcer le son. Entre deux chevalets fixes (A) et (B) distants de 1 mètre, sont placées une ou plusieurs cordes tendues soit à l'aide d'une vis (b) soit à l'aide de poids (P) 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 nombres relatifs de vibrations par seconde des notes de la gamme Ut, Ré, Mi, Fa, Sol, La, Si, Ut 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, ... 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 leurs nombres de vibrations sont entre eux comme 2 et 3 c'est-à-dire comme les racines carrées des tensions.

H : 32 - L : 136 - I : 18

constructeur :
Marloye et Cie

→ **Remarque**

On peut vérifier les deux autres lois par des méthodes semblables.

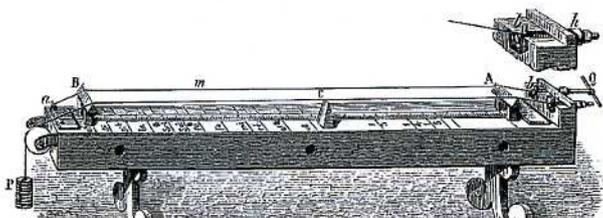
35 bis SONOMÈTRE DIFFÉRENTIEL DE MARLOYE

- Fonction** → Trouver le nombre de vibrations correspondant à 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) la seconde la gamme chromatique vraie (basée sur $Do_3 = 256$ Hz) 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 le nombre N de vibrations par seconde. On place le chevalet mobile de manière à obtenir l'unisson du son donné. On repère alors sur l'échelle qui donne la gamme chromatique, à quelle note ce son correspond ; on connaît ainsi le rapport entre le nombre de ses vibrations par seconde et celui du son fondamental. On peut aussi en se servant de l'échelle métrique, obtenir le nombre de vibrations par seconde du son à partir de la longueur de la partie vibrante de la corde.



H : 32 - L : 136 - l : 18

constructeur :
Marloye et Cie



36 PLAQUES VIBRANTES POUR FIGURES DE CHLADNI

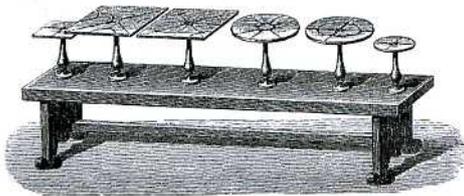
Loi ou phénomène → Sur toute plaque ou membrane, mise en vibration, apparaissent des parties vibrantes, séparées par des lignes nodales ou de repos.

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. Le sable quitte 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 .

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



H : 39 - L : 110 - I : 18

constructeur :
Marloye et Cie

→ Remarque

*A. Privat Deschanel disait en 1869, dans son *Traité de Physique*, que l'étude de ces phénomènes n'avait pas beaucoup d'intérêt.*

37 TUBES CYLINDRIQUES SONORES

- Loi ou phénomène** → *Les nombres de vibrations du son fondamental des masses de même substance et de formes semblables sont en raison inverse des dimensions homologues.*
- Description** → Il s'agit de tubes cylindriques en airain, de même diamètre, de longueurs différentes, suspendus par des fils.
- Expérience** → Il suffit de mettre en vibration par un choc, en frappant avec un marteau, le tube cylindrique suspendu à une potence. On mesure le nombre de vibrations du son fondamental obtenu ainsi que la longueur de chaque tube pour vérifier la loi.



L : 38 à 50 - d : 2



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^e 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.

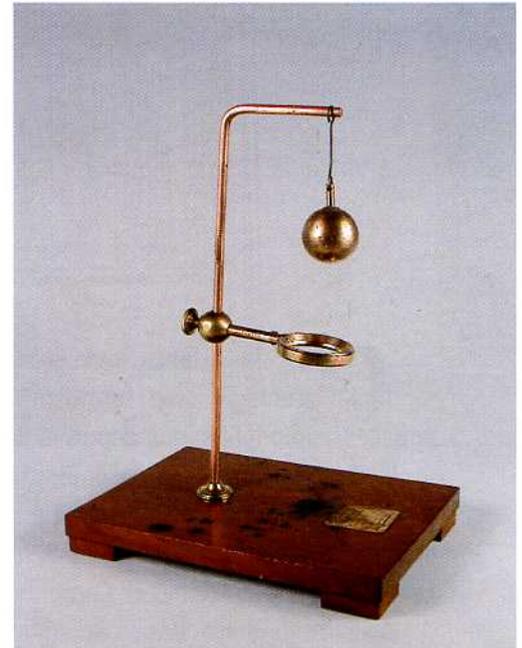
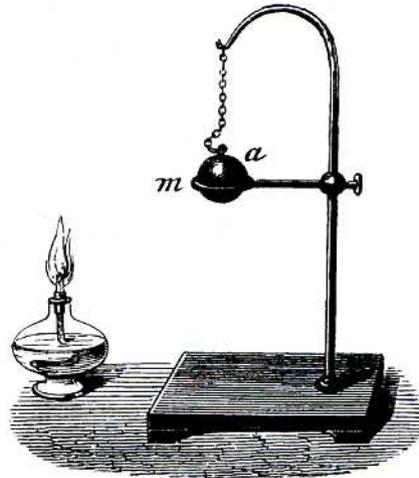
Cette dernière hypothèse finit par s'imposer au XIX^{ème} siècle où l'on découvre des similitudes entre la lumière visible et la chaleur rayonnante et où l'on distingue enfin chaleur et température.

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.

38 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 quelle que soit la position qu'on lui donne.
Si on chauffe à la fois la sphère et l'anneau, la sphère passe exactement comme à la température ordinaire.



H : 30 - L : 22 - I : 16

→ **Remarque**

Lors d'une élévation de température, le réservoir en verre d'un thermomètre se dilate, mais comme le mercure se dilate encore plus, il finit par s'élever dans le tube.

39 APPAREIL DE REGNAULT POUR DÉTERMINER LE DEGRÉ CENT DU THERMOMÈTRE

Fonction → Déterminer le degré cent du thermomètre centigrade.

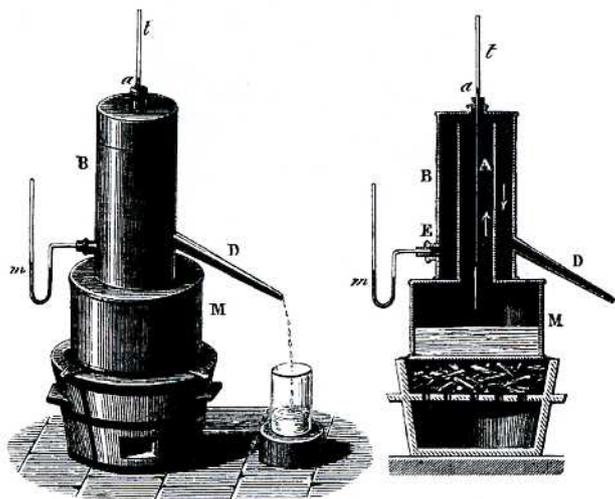
Description → C'est une étuve à vapeur. Elle est formée d'un réservoir cylindrique inférieur, surmonté d'un cylindre plus étroit, lui-même entouré d'un autre cylindre extérieur à la base duquel est adapté un manomètre.

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.

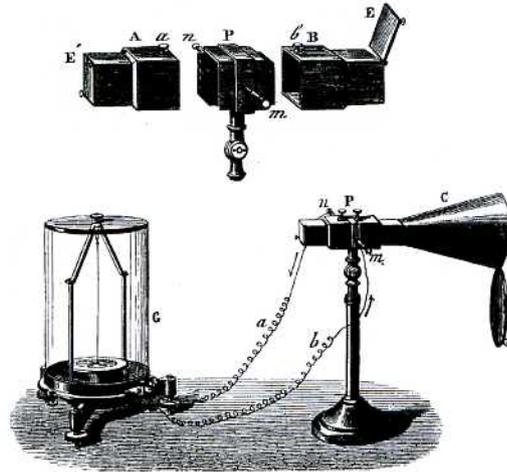


H : 40 - d : 15



40 PILE THERMOÉLECTRIQUE DE MELLONI

- Fonction** → Mesurer des différences de températures de quelques centièmes de degré.
- 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 de Nobili, les déviations de l'aiguille aimantée permettent de constater des différences de températures de quelques centièmes de degré.



H : 15 - L : 8 - I : 7

→ **Remarque**

On a donné le nom de thermomultiplicateur de Melloni à l'ensemble pile-galvanomètre.

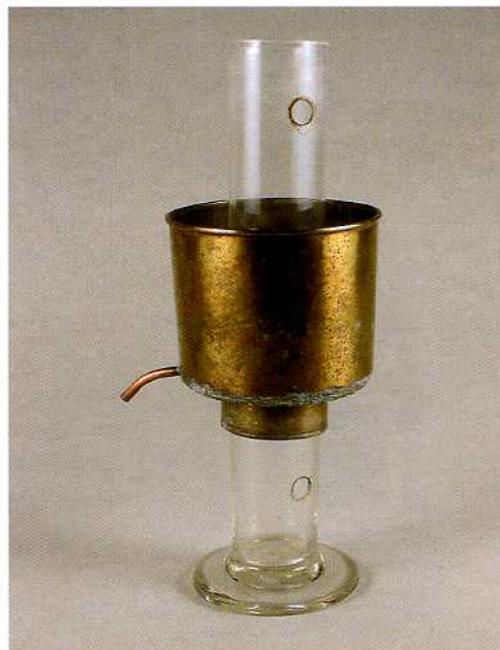
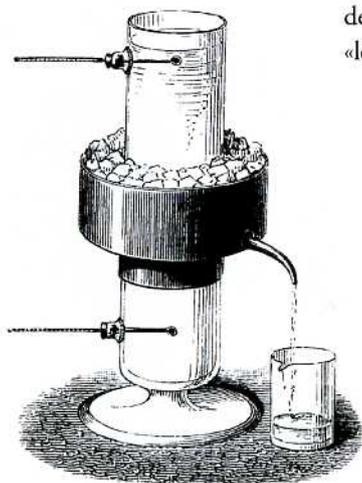
41 APPAREIL DE VAN HOPE

Loi ou phénomène → L'eau se contracte au lieu de se dilater entre 0° et 4°C . 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 porteurs de 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 est à 4°C , il reste stationnaire tandis que l'autre descend à 4°C , puis à 0°C l'eau se dilate et devient moins dense, plus «légère» : elle s'élève.



H : 33 - d : 6 / 13

→ 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 .

Si l'eau se dilatait suivant la loi générale, la congélation commencerait par le fond et la masse d'eau se prendrait toute entière, empêchant toute vie aquatique.

42 MARMITE DE PAPIN OU DIGESTEUR

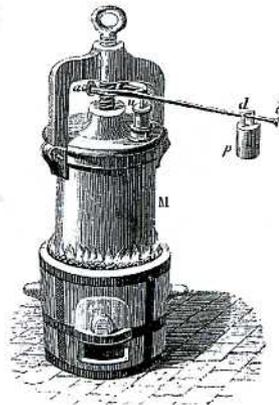
Loi ou phénomène → En vase clos la température d'un liquide peut s'élever largement au-dessus de celle de son point d'ébullition (sous pression atmosphérique normale).

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 à l'autre chargé 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 de 6 atmosphères par exemple.

La marmite étant remplie d'eau aux deux tiers, puis fermée, on la chauffe sur un fourneau. Le liquide peut ainsi être porté à une température de beaucoup 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 celle-ci, 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 - d : 12

→ **Remarque**

L'augmentation de la température 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. C'est le principe de l'autocuiseur.

43 TUBE DE NATTERER

Loi ou phénomène → Existence d'une température critique pour un corps, température au dessus de laquelle ce corps ne peut exister qu'à l'état gazeux, quelle que soit la pression exercée sur lui.

Description → Il s'agit d'un tube de verre épais rempli aux trois quarts «d'anhydride carbonique» (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.



CO_2
liquide



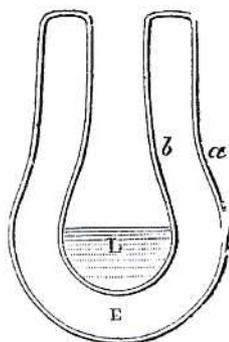
H : 26 - d : 1

→ Remarque

Pour liquéfier un gaz, il faut d'abord l'amener à une température inférieure à sa température critique.

44 VASE D'ARSONVAL

- 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.
- Mode opératoire** → Il suffit de verser l'air liquide ($-191\text{ }^{\circ}\text{C}$) dans ce récipient ouvert pour pouvoir le conserver plusieurs jours à «l'air libre».



H : 29 - d : 15

→ 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.

45 HYGROMÈTRE D'ALLUARD

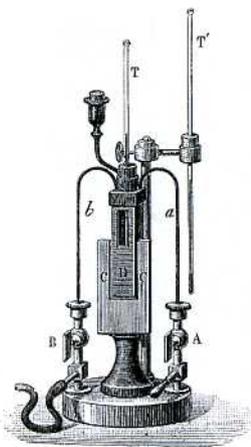
Fonction → Sert à déterminer la proportion de la vapeur d'eau contenue dans l'atmosphère ou dans un volume d'air limité.

Description → L'appareil est constitué d'un réservoir parallélépipédique en laiton dont la face avant (D) est dorée. Cette face est encadrée par une lame (CC) en laiton doré qui ne la touche pas.

Trois petits tubes coudés de cuivre traversent le couvercle. Les tubes (a) et (b) sont munis de robinets (A) et (B) que l'on peut relier respectivement soit à un soufflet soit à un aspirateur. Le troisième est muni d'un entonnoir pour introduire de l'éther. Une tubulure centrale laisse passer un thermomètre (T) placé au milieu de l'éther ; un autre thermomètre (T') donne la température ambiante.

Mode opératoire → On remplit le réservoir d'éther. On produit l'évaporation et le refroidissement de ce dernier à l'aide d'un aspirateur relié à (B) si on opère au laboratoire. Pour l'utilisation en voyage, l'évaporation est produite par un petit soufflet relié à (A).

Il arrive un moment où l'air qui est en contact avec la surface du réservoir atteint la température où sa vapeur d'eau devient saturante. Cette vapeur se dépose alors en buée ou rosée. On note alors la température donnée par le thermomètre (T) appelée «point de rosée» ainsi que la température ambiante donnée par (T'). A l'aide de tables on détermine l'état hygrométrique de l'air.



H : 25 - L : 11 - I : 11

constructeur :

L. Golaz,
252 rue Saint-Jacques, Paris
(daté : 1892)

→ Remarque

La lame (CC) qui encadre la surface (D) sans la toucher et qui garde donc le même éclat, permet de mieux déterminer le dépôt de rosée par comparaison.

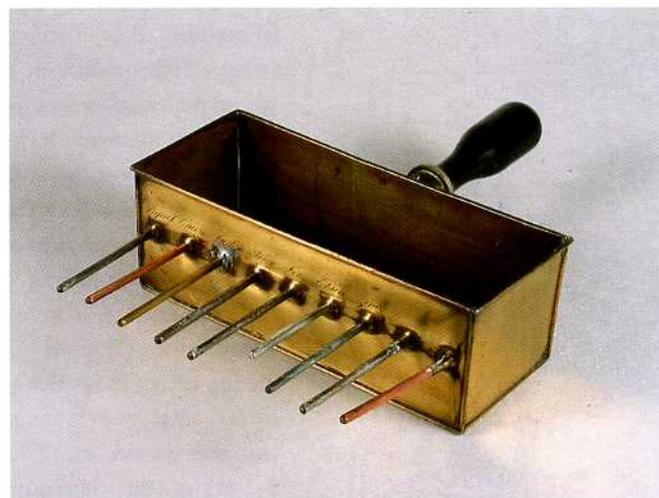
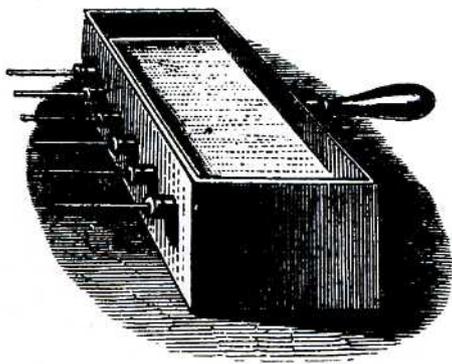
46 APPAREIL D'INGENHOUSZ

Loi ou phénomène → Faculté que possèdent les corps de transmettre la chaleur de proche en proche dans toute leur masse.

Description → Il se compose d'une cuve rectangulaire en laiton dont une paroi latérale porte des tiges de substances différentes, de même diamètre et de même longueur.

Expérience → Les tiges sont préalablement recouvertes de cire. On verse de l'eau chaude dans la cuve, on constate un certain temps après, que la longueur de cire fondue n'est pas la même pour chaque tige.

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 : 30 - I : 21

47 LAMPE DE SÛRETÉ DE DAVY

Fonction → Permettre aux ouvriers qui travaillent dans les mines de houille de disposer d'un éclairage qui les préservent des explosions du «grisou».

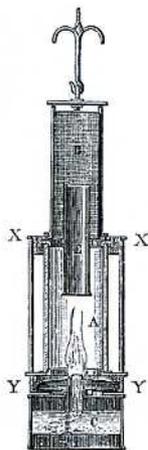
Description → Elle se compose d'une lampe à huile ordinaire (C), dont la flamme est entourée d'un cylindre de verre (A) qui se termine par une toile métallique (B). Une petite cheminée cylindrique métallique (E) surmonte la flamme.

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 donc d'empêcher la flamme de traverser.



H : 24 - d : 9

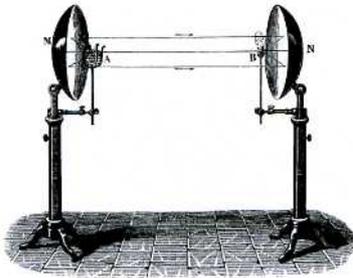
48 MIROIRS CONJUGUÉS OU MIROIRS ARDENTS

Loi ou phénomène → La chaleur se propage sous forme de rayonnement (lumière) surtout infrarouge et rouge, par conséquent, par rapport à des miroirs la chaleur se propage 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, 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. Ce corps s'enflamme, 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 : 127 - d : 49

→ **Remarque**

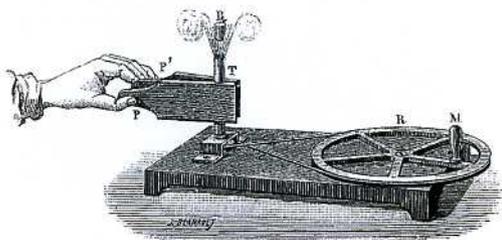
On rapporte que c'est avec de tels miroirs qu'Archimède embrasa les vaisseaux romains devant Syracuse.

49 APPAREIL DE TYNDALL

Loi ou phénomène → Production de chaleur par frottement.

Description → Il se compose d'un tube de laiton, de 10 centimètres de hauteur et 2 centimètres de diamètre, auquel on peut imprimer un mouvement de rotation 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 tiède 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, le bouchon est projeté par la pression de la vapeur.



H : 27 - L : 56 - I : 29

constructeur :
Ducretet & Lejeune, Paris

50 MOTEUR STIRLING À AIR CHAUD

Fonction → Convertir l'énergie thermique en énergie mécanique (fonctionnement moteur) ou inversement convertir l'énergie mécanique en énergie thermique (fonctionnement machine frigorifique ou pompe à chaleur suivant le sens de rotation).

Description → Il est constitué d'un piston mobile «moteur» étroitement inséré dans un cylindre relié par un petit tuyau à un autre cylindre, de plus grand diamètre, muni d'ailettes de refroidissement. Dans ce dernier cylindre se meut un piston «déplaceur» qui présente un petit espace vide avec les parois du cylindre dont le rôle est uniquement de déplacer l'air d'un côté et de l'autre sans le comprimer. Les pistons «moteur» et «déplaceur» reliés à un volant par deux systèmes bielle-manivelle présentent entre eux un déphasage de 90°.

Mode opératoire → Une source de chaleur extérieure est placée à l'extrémité du cylindre «déplaceur» et quelques temps après on lance le moteur à l'aide du volant.

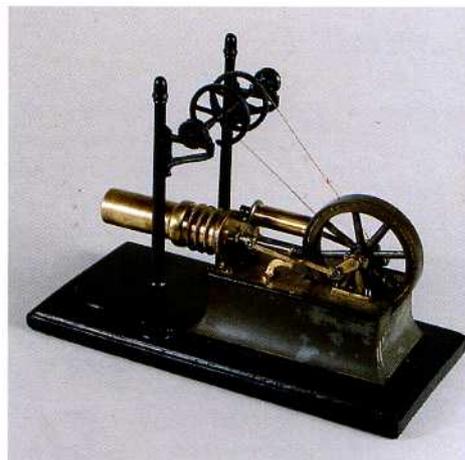
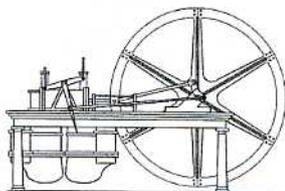
Il s'agit d'un moteur quatre temps :

1°) *chauffage* : l'air moteur est entraîné par le piston déplaceur vers l'extrémité du cylindre où il reçoit la chaleur de la source extérieure.

2°) *détente* : l'air moteur se dilate et repousse le piston moteur. Pendant cette phase le moteur fournit de l'énergie mécanique.

3°) *refroidissement* : l'air moteur est entraîné dans la partie du cylindre déplaceur munie d'ailettes où il se refroidit.

4°) *compression* : l'air moteur qui est à une pression inférieure à celle qu'il avait lors de la détente est comprimé par le piston moteur.



H : 25 - L : 34 - I : 16

→ Remarque

Ce moteur a été découvert en 1816 par le pasteur et ingénieur écossais Robert STIRLING (1790 – 1878). À l'heure actuelle un sous-marin suédois évolue avec un moteur de ce type. Certains satellites se procurent de l'énergie selon ce procédé. La réversibilité du moteur Stirling est utilisée dans le monde industriel pour produire du froid.



OPTIQUE

Loptique traite des propriétés de la lumière et de ses relations avec la vision.

Pour expliquer la chaleur, les physiciens, au XVII^e 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 éclipsa 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...

51 ALIDADE À PINNULES

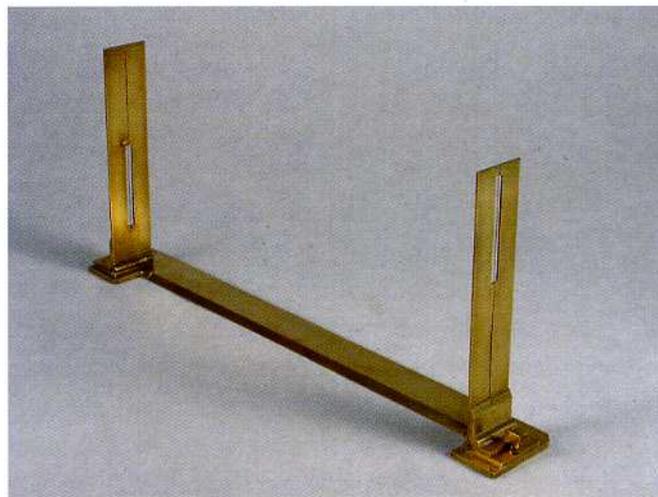
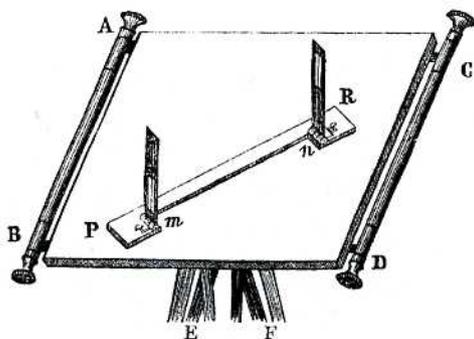
Fonction → Déterminer sur le papier des alignements.

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 : 19 - L : 41 - I : 6

→ Remarque

La pinnule verticale est assez haute pour que l'observateur puisse diriger un rayon visuel du point où il est sur 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.

52 PRISME DE NEWTON

Loi ou phénomène → Déviation et décomposition de la lumière blanche par un prisme.

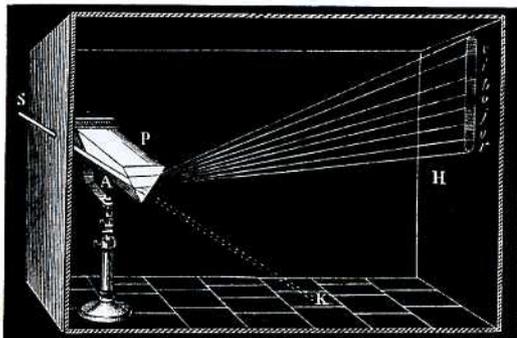
Description → Il s'agit d'un prisme de verre à base triangulaire, monté sur un support articulé.

Expérience → Dans l'obscurité, lorsqu'on fait arriver un faisceau de lumière blanche (par exemple, solaire) sur un écran convenablement placé, on observe une tache lumineuse blanche.

Si on interpose un prisme sur le trajet des rayons, la tache 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 sept couleurs qui sont, en partant de celle qui est la moins déviée: rouge, orangé, jaune, vert, bleu, indigo, violet.

Cette tache colorée est appelée spectre de la lumière blanche.



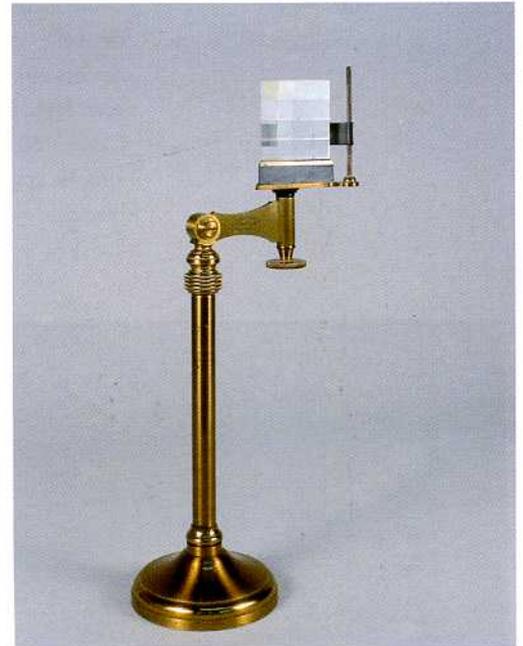
H : 29 - L : 10

→ Remarque

En 1815, Fraunhofer découvrit dans le spectre 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.

53 POLYPRISME

- Loi ou phénomène** → La déviation de la lumière par un prisme croît avec son indice de réfraction.
- 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 : 38 - d : 10

constructeur :
Maison Jules Dubosq, Ph. Pellin, Paris

54 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 :

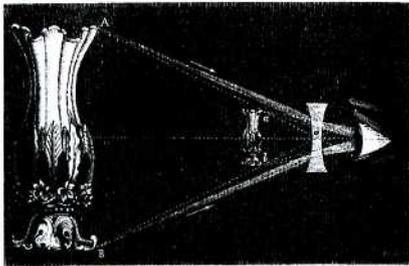
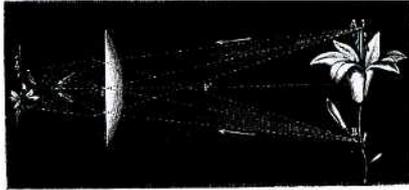
$$n = \frac{\sin (A/2 + d/2)}{\sin A/2} \quad A : \text{angle du prisme.}$$



H : 13 - L : 6

55 LENTILLES

- Loi ou phénomène** → Lors de la traversée d'une lentille les rayons lumineux sont déviés. Ils se rapprochent pour une lentille convergente et s'écartent pour une divergente.
- Description** → C'est un milieu transparent tel que du verre, limité par deux surfaces sphériques ou par une sphérique et une plane.
Les lentilles convergentes, à bords minces, sont souvent biconvexes et les divergentes, à bords épais, biconcaves.
- Expérience** → Une lentille à bords minces, recevant un faisceau de lumière solaire, le fait converger en un point appelé foyer image de la lentille. En effet, un morceau de papier, alors placé en ce point, peut s'enflammer.



H : 40 - d : 10 / H : 45 - d : 19

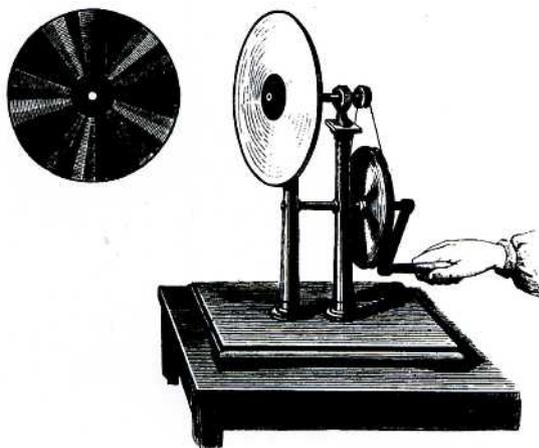
→ **Remarque**

Elles 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 :
Maison J. Dubosq,
Ph. & F. Pellin, Paris

56 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 de la lumière blanche dans l'ordre où elles se suivent et avec des surfaces proportionnelles à celles qu'elles occupent dans le spectre.
- Expérience** → On fait tourner rapidement le disque, les images des différents secteurs se forment alors successivement sur les mêmes points de la rétine, et par suite de la persistance des impressions rétinienne, sont perçues comme de la lumière blanche.

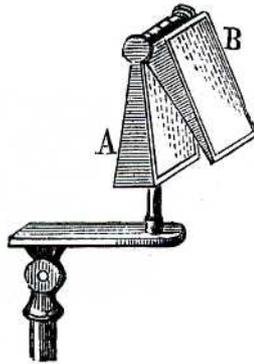


H : 62 - L : 37 - I : 27

constructeur :
Soleil, rue de l'Odéon à Paris

57 SYSTÈME DE DEUX PRISMES ACHROMATIQUES

- 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 pour les autres couleurs qui sont faiblement décomposées, néanmoins cela est peu perceptible car l'œil est moins sensible à ces radiations.



H : 34 - L : 8

constructeur :

Soleil, rue de l'Odéon à Paris

→ **Remarque**

Ce système est utilisé dans la fabrication de lentilles achromatiques pour les lunettes astronomiques et terrestres.

58 DIASPORAMÈTRE DE ROCHON

Fonction → Déterminer l'angle x d'un prisme (B) de telle façon qu'associé à un prisme donné (A), le système des deux prismes opposés (A) et (B) soit achromatique c'est-à-dire dévie les rayons lumineux sans les décomposer.

Description → Deux prismes en crown identiques (A) et (A') sont fixés au fond de tubes (r) et (r'). Le tube (r) est fixé à un disque vertical solidaire du pied de l'appareil. Le tube (r') est fixé à un plateau (a) garni de dents lui permet, à l'aide du pignon (p), de prendre un mouvement de rotation sur lui-même. L'angle de rotation se mesure au moyen d'un vernier et d'une graduation gravée sur le disque fixe. Quand le vernier est au zéro de la graduation, l'angle du système des prismes est nul.

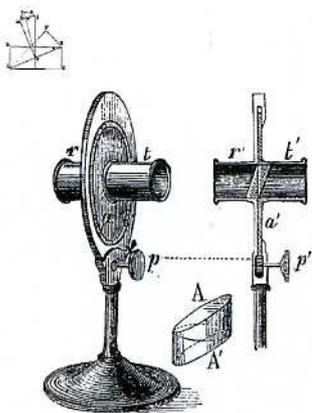
Lorsque les deux prismes (A) et (A') sont accolés l'un à l'autre par leur face hypoténuse, ils constituent une plaque à faces parallèles.

Mode opératoire → Si l'on fait tourner le prisme mobile d'un angle ω on obtient un système équivalent à un prisme (B) d'angle x variable.

En tournant le pignon (p), par tâtonnement, le prisme (A) donné et le prisme (B) d'angle variable x formeront un système achromatique. On notera l'angle ω de rotation à l'aide du vernier et on calculera l'angle x du prisme B par la formule :

$$\cos x = \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha \cdot \cos \omega$$

α est l'angle commun de chacun des deux prismes identiques (A) et (A').



H : 47 - L : 14 - I : 07

constructeur :
Soleil, rue de l'Odéon à Paris

59 LUNETTE ASTRONOMIQUE ET TERRESTRE

Fonction → La lunette astronomique, donnant une image renversée, permet d'observer des objets très éloignés tels que les planètes, et les autres astres. La lunette terrestre, donnant une image redressée, 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 à crémaillère.



H : 104 - d : 8

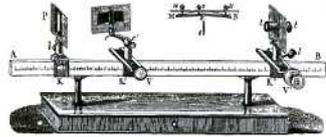
constructeur :
Dubosq et Soleil, Paris

60 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').



Expériences

→ Expérience de FRESNEL :

Pour réaliser deux sources lumineuses, rapprochées et en phase, FRESNEL les remplace par les images (s) et (s'), formées dans deux miroirs plans, d'un seul point lumineux (s).

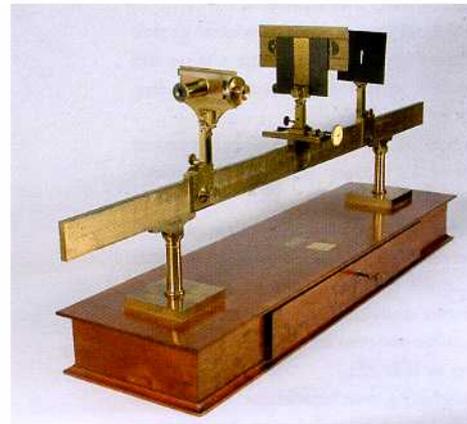
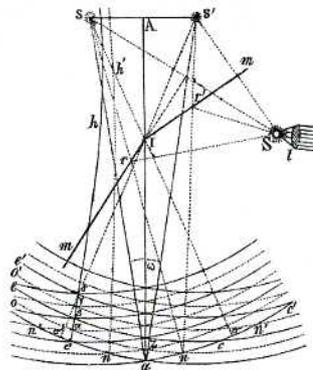
Un faisceau de lumière filtrée à travers une lame de verre rouge est envoyé sur une lentille cylindrique (P), très convergente et donnant un très étroit faisceau parallèle à l'intersection des deux miroirs très peu inclinés l'un sur l'autre, pour que les images (s) et (s') soient très rapprochées.

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'un trait lumineux placé à égale distance des fentes et parallèle à leur direction.



H : 48 - L : 116 - l : 26

constructeur :
Soleil, rue de l'Odéon à Paris

60 bis

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) sont placés 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.

Expériences

→ La fiche (H), qui porte une large ouverture dans laquelle est tendu un fil métallique permet d'étudier les effets d'un écran étroit.

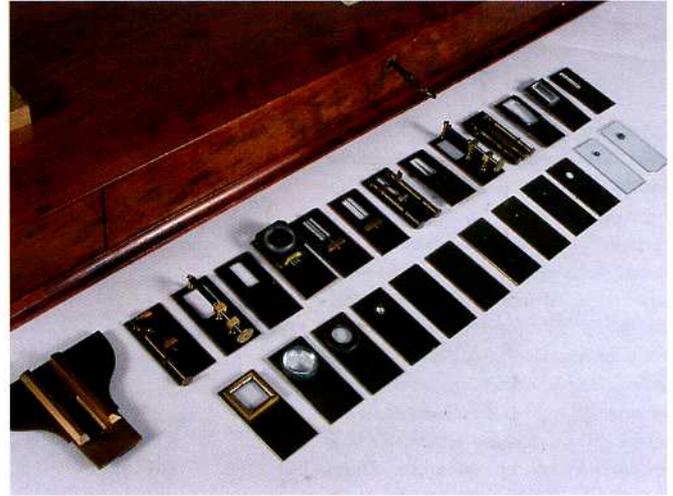
→ La fiche (P) qui emploie un système de trois gros fils métalliques laissant entre eux un très petit espace, permet d'expérimenter avec deux fentes.

→ La fiche (R) qui porte un petit miroir permet d'observer les franges au bord d'un miroir incliné.

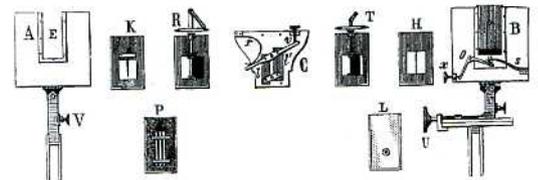
→ La fiche (T) qui porte un miroir semblable à la fiche précédente, mais incliné à 45°. Associée à une lentille cylindrique très peu convergente, elle permet d'obtenir des franges très brillantes pouvant être projetées sur un écran éloigné placé au foyer de la lentille.

→ 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.



H : 48 - L : 116 - I : 26

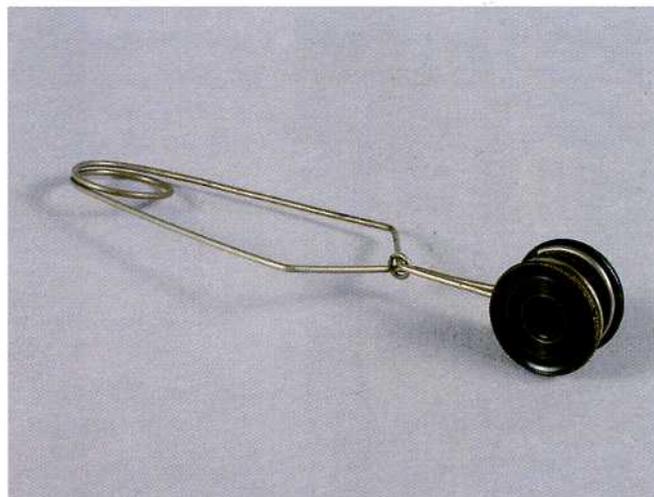
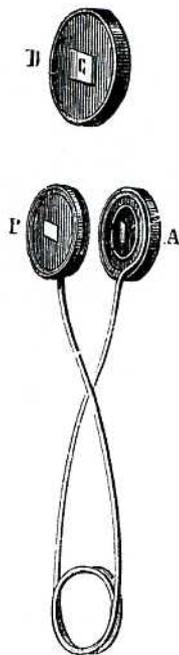


61 PINCE À TOURMALINES

Fonction → Obtenir un faisceau polarisé convergent.

Description → Elle se compose de deux plaques de tourmaline (silico-borate d'alumine, de fer et de métaux alcalins et alcalino-terreux), parallèles à l'axe, enchâssées chacune dans un disque métallique et constituant le polariseur (P) et l'analyseur (A). Les disques sont montés aux extrémités d'un ressort contourné en forme de pince et destiné à appliquer les plaques l'une contre l'autre. Ils peuvent tourner dans leurs montures, ce qui permet de donner aux axes des tourmalines l'orientation désirée.

Mode opératoire → Lorsque les axes des deux tourmalines sont parallèles le système est transparent ; lorsque les axes sont à 90° l'un par rapport à l'autre, le système est opaque. On peut placer entre les deux tourmalines des cristaux sur lesquels on peut étudier les effets de la lumière polarisée.



L : 16 - I : 5

62 PINCE POUR FIGURES DE BREWSTER

- 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'une pince articulée et munie d'un manche en bois qui porte à l'autre extrémité un cadre en laiton de section carrée coupé suivant la diagonale.
- 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 : 26 - I : 6

63 LANterne À ARC ÉLECTRIQUE et ses accessoires

Fonction → Remplacer les rayons solaires dans les expériences d'optique.

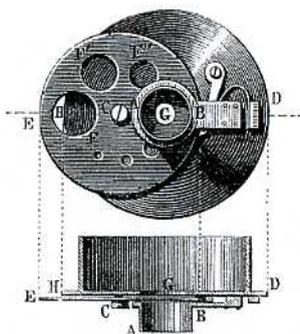
Description → L'arc électrique est constitué de deux baguettes taillées dans du charbon de cornues où l'on opérait la distillation de la houille.

Deux vis permettent de rapprocher plus ou moins les deux pointes de charbon. L'ensemble est contenu dans une boîte métallique dont l'une des faces comporte une ouverture munie d'un condenseur formé de deux lentilles convergentes.

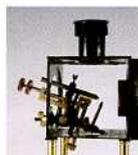
Mode opératoire → On connecte les deux baguettes aux pôles d'une source de courant munie d'un régulateur photoélectrique et en agissant sur les deux vis on rapproche les pointes jusqu'au contact. Une fois l'arc amorcé on écarte les deux pointes de façon à avoir un arc très lumineux. Il faut régulièrement agir sur ces vis pour compenser l'usure due à la combustion des charbons.

On peut équiper la lanterne de divers bouchons modifiant la forme des faisceaux lumineux :

- celui à ouvertures circulaires multiples permet d'obtenir un faisceau lumineux à diamètre variable,
- celui à fente variable, un faisceau plus ou moins étroit,
- celui à miroir en verre noir à 45°, un faisceau polarisé.



régulateur
photoélectrique



H : 62 - L : 27 - l : 27

constructeur :
Soleil, rue de l'Odéon à Paris

64 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).

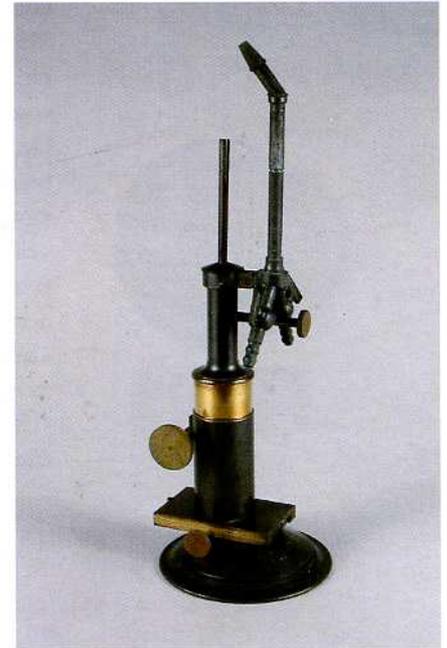
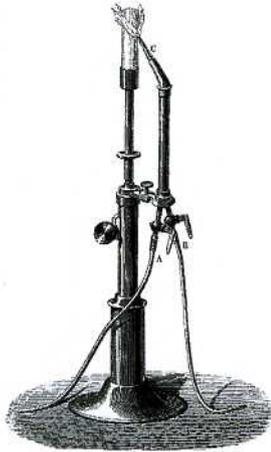
Une crémaillère permet d'élever ou d'abaisser un cylindre de chaux. Sur certains modèles une seconde crémaillère permet de déplacer l'ensemble d'avant en arrière.

Mode opératoire → Le robinet (A) commande l'arrivée du gaz d'éclairage.

Le robinet (B) commande l'arrivée de l'oxygène, préparé, dans des cornues de fer, avec le chlorate de potassium 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 éclaire le cylindre de chaux qui s'illumine avec grand éclat.



H : 41 - d : 12

constructeur :
Pellin Dubosq

A detailed illustration in a golden-yellow color showing a hand holding a cylindrical magnet. The magnet is positioned vertically, and a dense cloud of iron filings is attracted to its lower end, forming a brush-like shape. The background is a light, textured beige.

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.

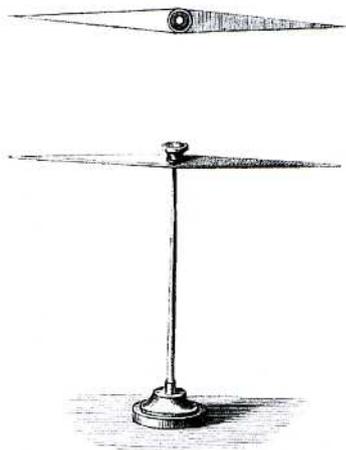
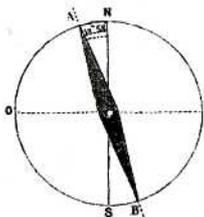
En 1864, suite aux travaux d'Ørsted, de Gauss, et de Faraday, Maxwell établit les lois de l'électromagnétisme dont l'importance théorique est considérable.

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.

65 AIGUILLE AIMANTÉE SUR PIVOT

- Fonction** → Détermination du nord géographique : principe de la boussole.
- Description** → Elle est formée d'une lame mince d'acier, taillée en losange allongé et aimantée. Elle porte en son milieu un petit godet ou *chape* par laquelle elle peut être posée sur un pivot.
- L'aiguille primitivement trempée, est recuite jusqu'à ce qu'elle prenne une teinte bleue prononcée. Cette teinte est conservée sur la moitié de l'aiguille qui se tourne vers le nord.
- Mode opératoire** → L'aiguille s'arrête d'elle-même dans une position déterminée à laquelle elle revient si on l'en écarte.
- Dans cette position, l'une des extrémités se tourne à peu près vers le nord géographique.



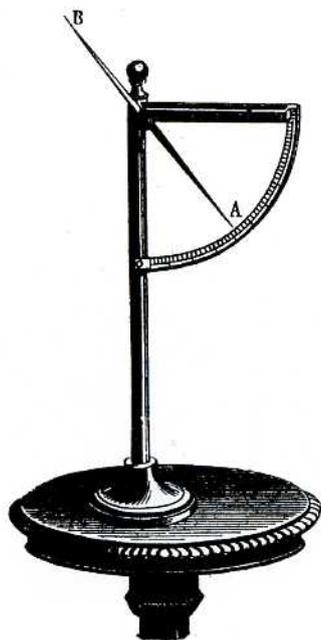
H : 9 - L : 10

→ Remarque

En réalité le pôle nord de l'aiguille ne se tourne pas exactement vers le nord, il s'en écarte d'une certaine quantité variable d'un lieu à l'autre, et dans le même lieu, d'une époque à une autre. Cet écart porte le nom de déclinaison.

66 BOUSSOLE D'INCLINAISON

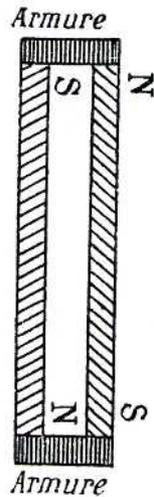
- Fonction** → Mesurer l'inclinaison magnétique, c'est-à-dire l'angle que fait une aiguille aimantée avec l'horizontale lorsqu'elle est dans le plan du méridien magnétique.
- Description** → C'est une aiguille aimantée mobile autour d'un axe horizontal devant un cadran circulaire, vertical, gradué en 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 : 16 - L : 22

67 BOÎTE DE CONSERVATION DES AIMANTS DROITS dite de «KNIGHT»

- Fonction** → Conserver au mieux l'aimantation des barreaux aimantés droits.
- Description** → Cette boîte en bois permet de placer parallèlement et à une certaine distance une paire d'aimants droits et comporte deux barreaux de fer doux appelés «contacts», «armatures» ou «armures».
- Mode opératoire** → On place tête-bêche les deux aimants dans la boîte (pôles de noms contraires en regard) et on les réunit par les «armures» en fer doux.
Les pôles des aimants développent par influence, dans les «armures», des pôles de noms contraires. Le circuit métallique ainsi fermé évite les «fuites» magnétiques et permet la conservation de l'aimantation des aimants droits.



H : 3 - L : 36 - I : 9

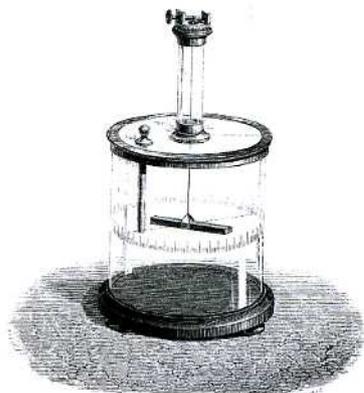
68 BALANCE MAGNÉTIQUE

Loi ou phénomène → Si on écarte une aiguille aimantée de sa position d'équilibre dans le méridien magnétique, elle tendra à y revenir sous l'effet d'un couple de forces dont la valeur est proportionnelle au sinus de l'angle d'écart.

Description → C'est une balance de Coulomb légèrement modifiée. La petite pièce métallique qui termine le fil est remplacée par une autre ayant la forme d'un étrier. Sur cet étrier on pose le barreau aimanté.



Expérience → Il faut d'abord placer le barreau aimanté dans le méridien magnétique, sans torsion, en face du zéro de la division angulaire tracée sur la caisse. Pour ce faire, on suspend le barreau à un fil sans torsion ; il se place naturellement dans le méridien magnétique, on tourne alors la caisse de façon à placer le zéro dans ce méridien. On remplace alors le fil sans torsion par un fil métallique et le barreau aimanté par une règle de cuivre ; celle-ci se place dans une position d'équilibre qui correspond évidemment à l'absence de torsion du fil, on tourne alors le bouton supérieur et on amène la règle dans le méridien magnétique. On remplace enfin la règle par le barreau aimanté qui se trouve ainsi dans le méridien magnétique, sans aucune torsion du fil. On tourne alors le micromètre supérieur, ce qui tord le fil et écarte le barreau du méridien magnétique. En comparant les torsions effectives pour deux déviations de l'aiguille, on trouve qu'elles sont proportionnelles aux sinus des angles de déviation.

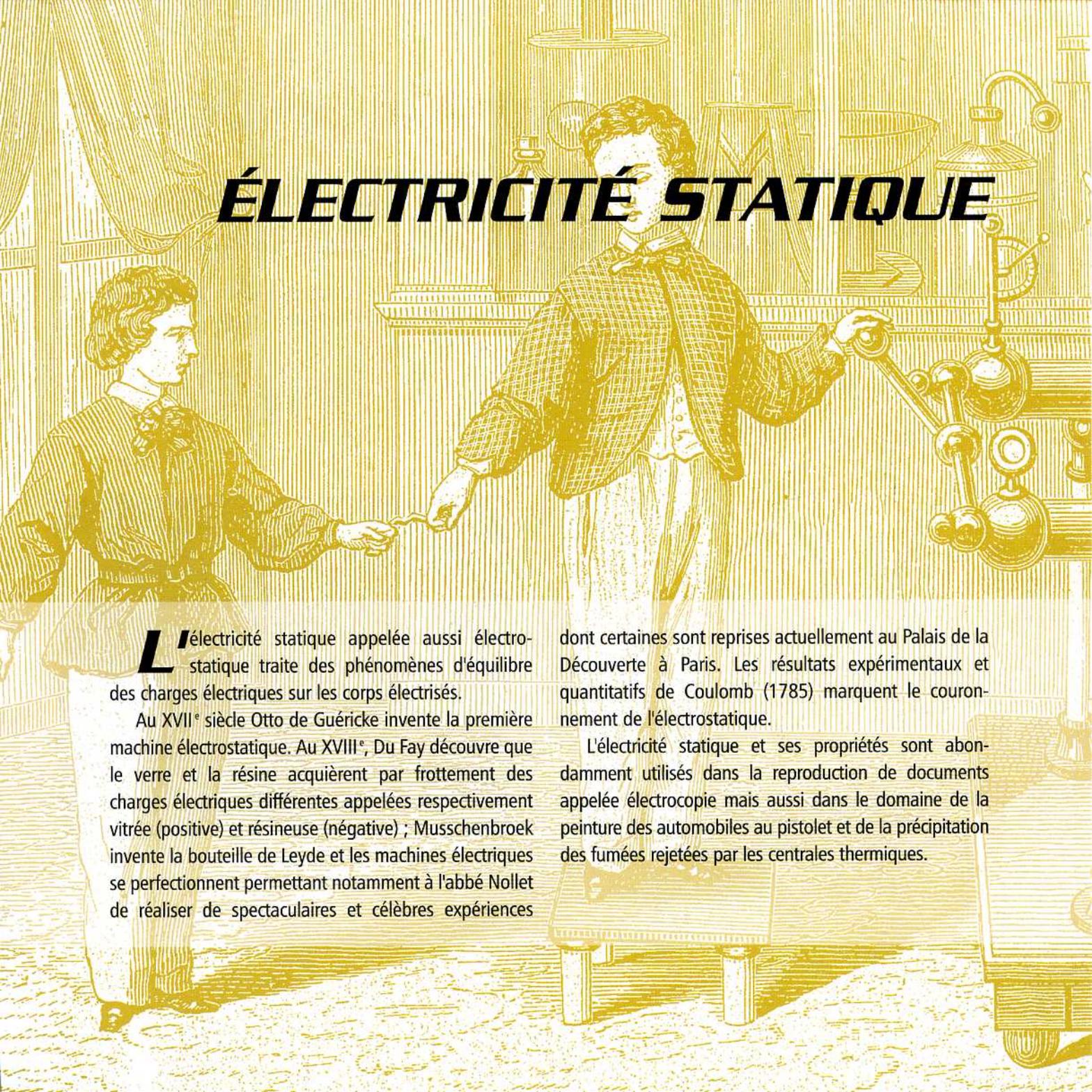


L : 14 - d : 1,5 / H : 68 - d : 33

constructeur :
Pixii, père et fils, Paris



ÉLECTRICITÉ STATIQUE



L'électricité statique appelée aussi électrostatique traite des phénomènes d'équilibre des charges électriques sur les corps électrisés.

Au XVII^e siècle Otto de Guéricke invente la première machine électrostatique. Au XVIII^e, 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.

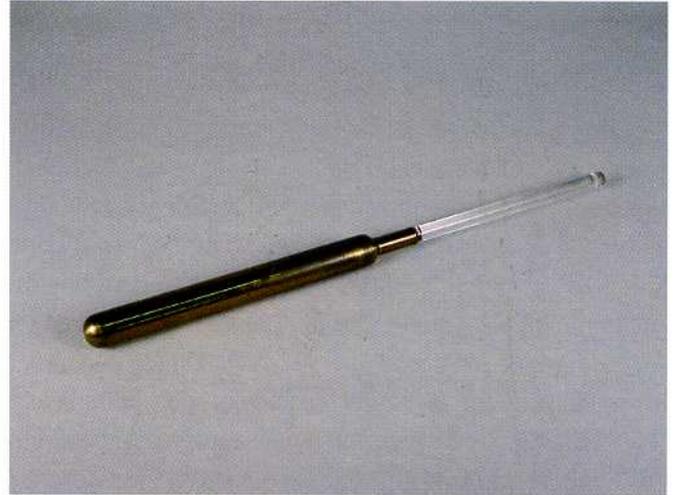
69 CONDUCTEUR AVEC MANCHE ISOLANT

Loi ou phénomène → Électrisation d'un métal par frottement.

Description → Il s'agit d'un cylindre en laiton, fermé à une extrémité, prolongé par un manche isolant en verre ou en ivoire.

Expérience → Si on frotte avec de la laine, par exemple, une tige de métal tenue à la main, elle ne s'électrise pas.

Si elle est fixée à l'extrémité d'un manche isolant que l'on tient à la main pendant qu'on frotte le métal, on constate que celui-ci peut s'électriser.



L : 38 - d : 1,5

70 PENDULE ÉLECTRIQUE AU SOL

Fonction → Reconnaître si un corps électrisé est conducteur ou isolant.

Description → Il est constitué par une balle de sureau très légère (a), suspendue à une potence métallique par un fil de lin long et mince.

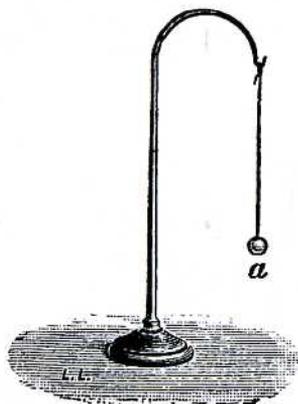
La balle de sureau est en communication avec le sol (d'où le nom de pendule au sol) par le fil de lin et la potence, tous deux conducteurs.

Mode opératoire → Si on approche du pendule des corps électrisés, la balle de sureau est toujours attirée.

Si on les rapproche suffisamment, la balle vient au contact de ces derniers :

- Si ces corps sont conducteurs, ils perdent alors leur électricité, puisqu'ils se trouvent en communication avec le sol et le pendule alors retombe.

- Si ces corps sont isolants, l'électricité ne disparaît qu'au point touché ; la balle n'en est pas moins attirée par les points voisins et donc reste appliquée à la surface du corps électrisé.



H : 35 - L : 9

71 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 qui porte une graduation de 360 degrés.

Expérience

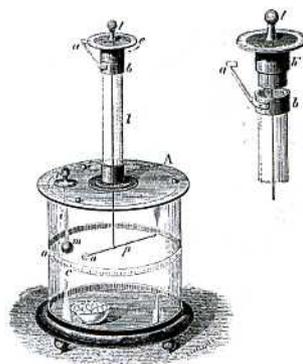
→ **Influence de la distance à charge électrique constante :**

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 : 68 - d : 33

constructeur :
Pixii, père et fils, Paris



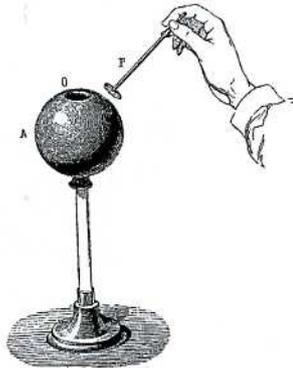
72 SPHÈRE CREUSE DE COULOMB

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 d'une quantité sensible d'électricité.

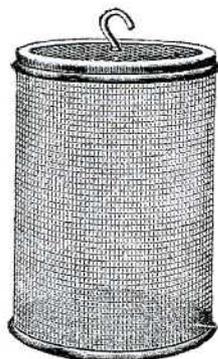
Si au contraire on fait la même expérience en touchant un point intérieur, on ne constate pas de trace d'électricité sur le disque de clinquant.



H : 46 - d : 12

73 CAGE DE FARADAY

- Loi ou phénomène** → Les charges électriques d'un conducteur 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. La partie cylindrique porte une tige en laiton munie de petits pendules électriques formés de balles en moelle de sureau suspendues 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.



H : 33 - d : 20

→ 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.

74 HÉMISPHÈRES POUR EXPÉRIENCE DE BIOT

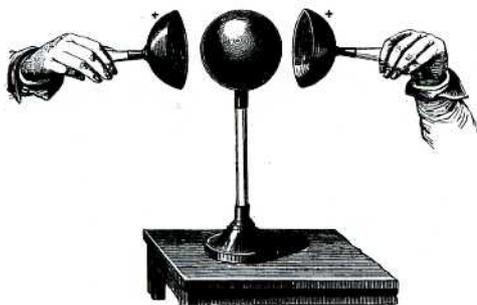
Loi ou phénomène → L'électricité d'un corps chargé électriquement se répartit principalement à sa surface.

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 - d : 12

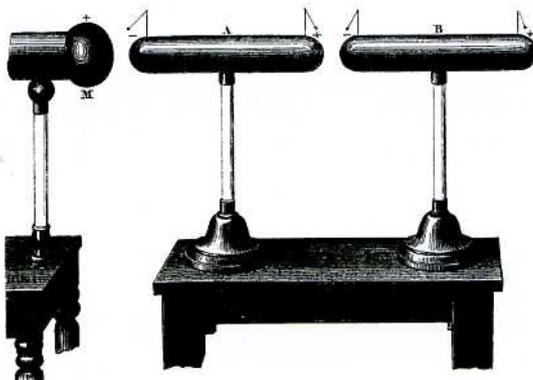
75 CYLINDRE ISOLÉ D'ÆPINUS

Loi ou phénomène → Électrisation par influence : «lorsqu'un corps électrisé est placé à proximité d'un corps conducteur neutre, il décompose le fluide neutre de ce corps, attire vers lui l'électricité contraire à celle dont il est chargé et repousse à l'extrémité opposée l'électricité de même nom».

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 proche 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 : 47 / 39 - L : 38

76 ÉLECTROSCOPE À FEUILLES D'ÉTAIN

- 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'étain très légères.
- 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'étain. Celles-ci, se trouvant ainsi chargées de la même électricité, se repoussent.



H : 16 - d : 7

77 MACHINE ÉLECTRIQUE DE RAMSDEN

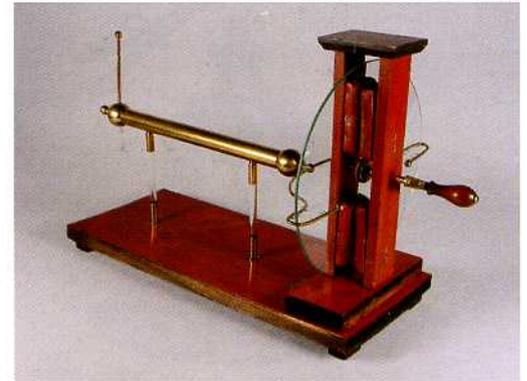
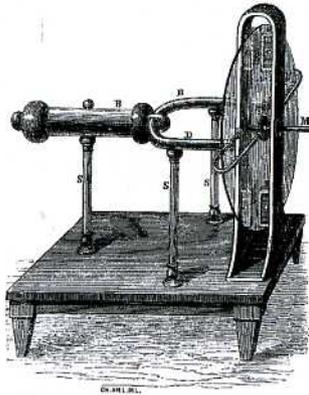
Fonction → Développer de l'électricité par frottement.

Description → Entre deux montants de bois se trouve un plateau circulaire et vertical de verre, fixé en son centre à un axe horizontal qu'on fait tourner à l'aide d'une manivelle. Ce plateau est frotté, suivant son diamètre vertical, entre quatre «frottoirs» ou «coussins», de cuir ou de soie.

Suivant son diamètre horizontal, il passe entre deux tubes de laiton recourbés en fer à cheval, qu'on appelle «peignes» ou «mâchoires», parce qu'ils sont armés de dents, placées des deux côtés, en regard du plateau. Ces peignes sont fixés à un tube plus gros, qu'on nomme «conducteur», isolé sur des pieds de verre.

Enfin, des bandes d'étain, collées des deux côtés des montants de bois font communiquer les coussins avec le sol par l'intermédiaire d'une chaîne métallique.

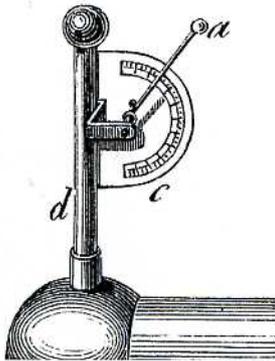
Mode opératoire → Il suffit de tourner la manivelle pour que la machine se charge progressivement d'électricité. Le plateau de verre, en tournant, frotte contre les coussins et les électrise négativement, tout en se chargeant lui-même positivement. Or la charge négative des coussins se perd dans le sol en passant par les bandes d'étain et la chaîne. Un quart de tour plus tard, l'électricité positive du verre décompose l'électricité neutre du peigne et des conducteurs, soutire par les pointes l'électricité négative et se retrouve à l'état neutre. Le processus se poursuit, donc les conducteurs restent chargés d'électricité positive. Si l'on en approche la main et aussi longtemps qu'on tourne le plateau, on en tire des étincelles plus ou moins fortes.



H : 39 - L : 53 - I : 22

78 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. A 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 de l'aiguille et la valeur du potentiel, c'est pourquoi l'appareil est improprement appelé électromètre alors que c'est plutôt un électroscope de sécurité.



H : 19 - L : 5

79 CARILLON ÉLECTRIQUE

Loi ou phénomène → Électrisation par contact et par influence.

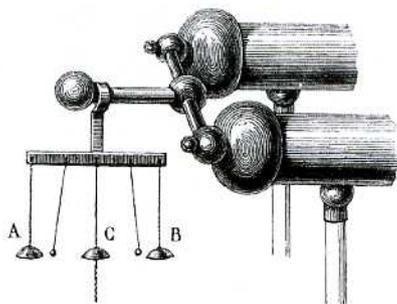
Attraction et répulsion de corps chargés électriquement

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 de charges négatives, 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.



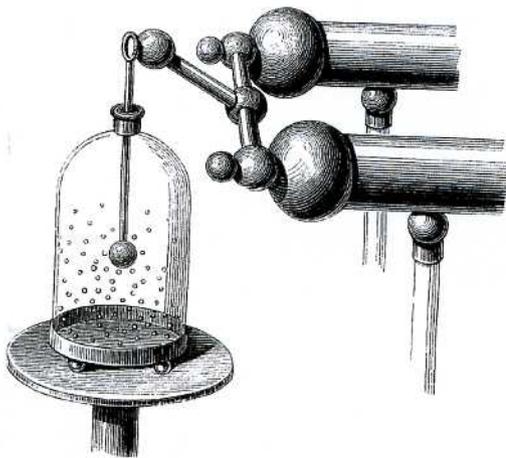
H : 28 - L : 19

80 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.



→ 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».

H : 27 - d : 10

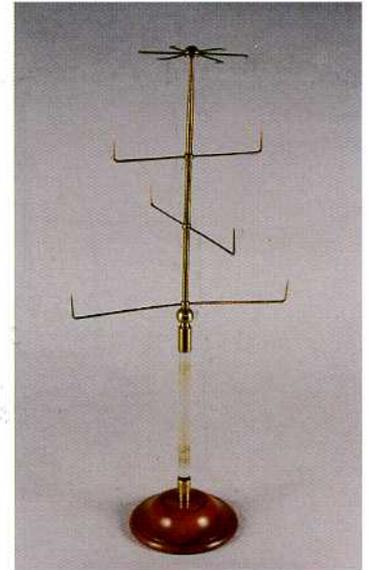
81 **TOURNIQUET ÉLECTRIQUE**

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 : 19 - d : 14 / H : 59 - d : 26

constructeur :
Pixii, père et fils, Paris

82 CONDENSATEUR D'ÆPINUS

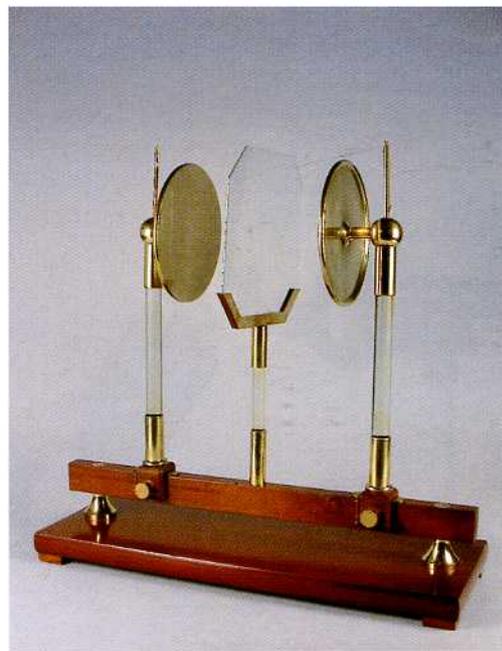
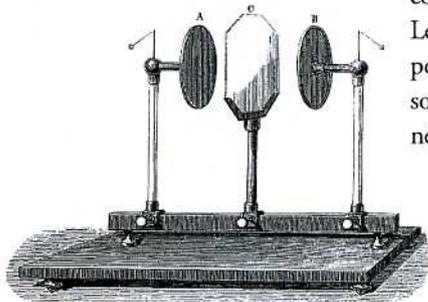
Loi ou phénomène → Principe du condensateur, dispositif servant à accumuler séparément les deux sortes d'électricité.

Description → Cet appareil se compose de deux plateaux circulaires verticaux (A) et (B) de laiton et d'une lame de verre (C) 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 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 des, (B) par exemple, (collecteur), avec une source d'électricité, et l'autre (A) (condenseur), avec le sol.

Lorsque le pendule du collecteur (B) 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 positivement, comme la source, et le condenseur négativement.

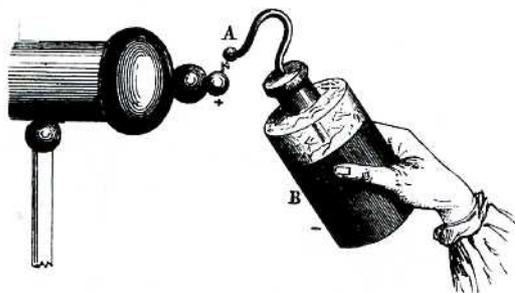


H : 54 - L : 55 - l : 20

constructeur :
E. Ducretet à Paris

83 BOUTEILLE DE LEYDE

- Fonction** → Accumuler séparément les deux sortes d'électricité (principe du condensateur).
- Description** → C'est une bouteille en verre, remplie de feuilles en étain, chiffonnées, qui sont en contact avec une tige de laiton traversant le bouchon. Cette tige est recourbée en crochet et se termine par une boule appelée «bouton». La paroi externe de la bouteille est recouverte, aux trois-quarts de la hauteur par une feuille d'étain.
- Mode opératoire** → Pour charger la bouteille on la tient à la main et l'on présente son «bouton» à l'un des pôles d'une machine électrostatique en fonctionnement.



H : 18 - d : 6

→ Remarque

Les divers effets de l'électricité, physiologiques, lumineux, calorifiques, mécaniques et chimiques sont d'autant plus importants qu'on fait usage d'appareils électriques plus puissants comme la bouteille de Leyde ou de batteries électriques qui étaient constituées de bouteilles de Leyde branchées en parallèle. C'est ainsi qu'au XVIII^e siècle, l'abbé Nollet donna en présence de Louis XV la commotion électrique à 180 hommes de sa Garde.

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

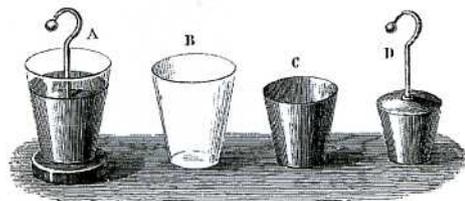
84 BOUTEILLE DE FRANKLIN À ARMATURES MOBILES

Loi ou phénomène → Les charges électriques du condensateur résident 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 : 26 - d : 12

85 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, droite ou recourbée, 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 : 40 - d : 9

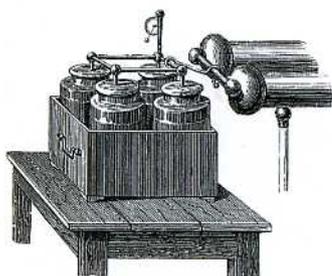
86 BATTERIE ÉLECTRIQUE

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» 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.



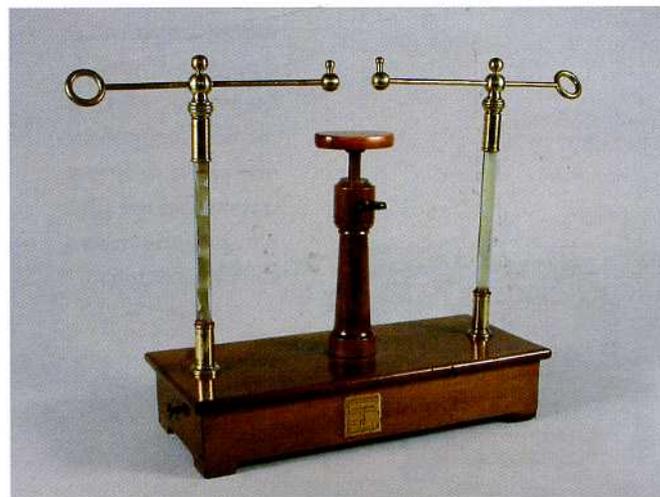
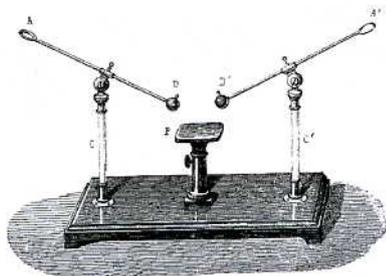
H : 42 - L : 50 - I : 34

→ 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 !

87 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 fait communiquer l'une d'elles avec l'armature extérieure de la batterie, et l'autre avec l'armature intérieure : une étincelle part entre les deux branches de l'excitateur universel et traverse l'objet placé sur le plateau.



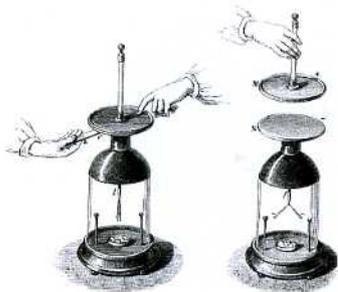
H : 38 - L : 38 - I : 16

88 ÉLECTROSCOPE CONDENSATEUR DE VOLTA

Fonction → Détecter des quantités d'électricité même très faibles.

Description → C'est un électroscope à feuilles d'or rendu plus sensible par l'adjonction d'un condensateur. La tige de laiton qui porte les petites feuilles d'or se termine, à la partie supérieure, non par une boule de laiton, mais par un disque de même métal, sur lequel on peut appliquer un second disque semblable, muni d'un manche de verre. Les deux disques sont recouverts d'une couche de vernis à la gomme laque, qui les isole : l'ensemble formé par les plateaux métalliques et le vernis isolant constitue un condensateur.

Mode opératoire → On relie l'un des pôles de la source d'électricité à étudier avec le plateau inférieur qui sert de collecteur, et l'on met le plateau supérieur à la terre, en le touchant avec le doigt mouillé : les deux sortes d'électricité s'accablent alors sur les plateaux. L'appareil étant ainsi chargé, on retire d'abord le doigt, puis la source d'électricité, sans qu'on observe encore aucune divergence ; mais si l'on enlève le plateau supérieur, l'électricité du second plateau de même signe que celle du pôle de la source utilisée, se distribue alors sur la tige et sur les feuilles d'or qui s'écartent nettement. On augmente la sensibilité en adaptant au pied de l'appareil deux tiges de laiton terminées par des boules de même métal qui, en s'électrisant par l'influence des feuilles d'or, réagissent sur elles et en augmentent l'écart.



→ Remarque

Avec cet appareil (qu'il inventa pour l'occasion), Volta fit de nombreuses expériences pour démontrer sa théorie du développement de l'électricité par le contact des métaux. L'expérience suivante est fondamentale : «en tenant à la main l'extrémité en zinc d'une lame zinc-cuivre, et en touchant le plateau en cuivre de l'électroscope avec l'extrémité cuivre, on constate que l'électroscope se charge. Volta en conclut qu'il apparaît au contact du zinc et du cuivre une force électromotrice, en vertu de laquelle le zinc se charge positivement et le cuivre négativement».

H : 44 - d : 13

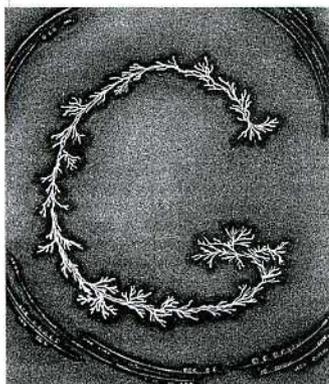
89 POUDREUSE ÉLECTROSTATIQUE POUR FIGURES DE LICHTENBERG

Loi ou phénomène → Mise en évidence des propriétés physiques des deux sortes d'électricité positive et négative.

Description → Il s'agit d'un soufflet cylindrique en cuir plissé, terminé par un tamis métallique à maille serrée.

Expérience → On prend une bouteille de Leyde électriquement chargée et à l'aide du bouton on trace des traits sur un disque de résine. On la pose ensuite sur un support isolant, on la saisit par le bouton et on trace d'autres traits, cette fois-ci, avec le corps de la bouteille.

Dans l'intérieur du soufflet on introduit un mélange de minium et de soufre pulvérisés que l'on projette à la surface du disque de résine. Le soufre qui s'est chargé négativement par son frottement avec le minium se porte sur les traits positifs et le minium sur les traits négatifs.



L : 24 - d : 8

→ Remarque

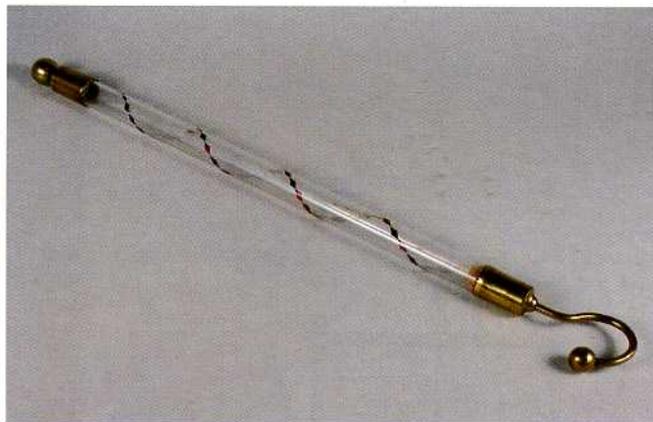
Dans la figure ci-dessus, au centre, les traits positifs matérialisés par la couleur jaune du soufre forment des espèces d'arborescences, tandis que les traits négatifs dus au minium rouge ont des formes circulaires.

90 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.



L : 61 - d : 2,5

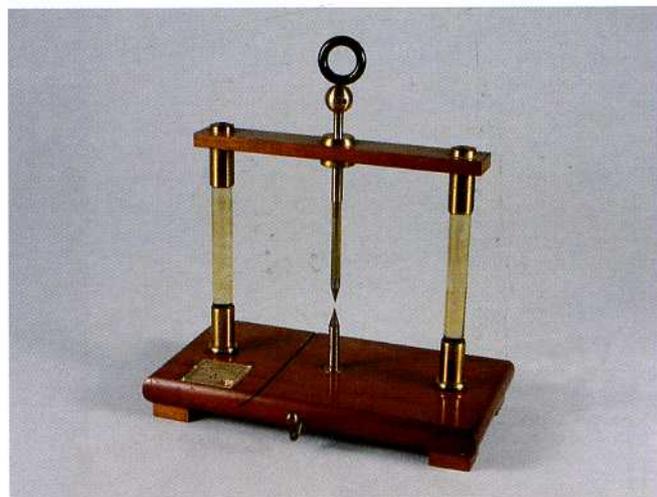
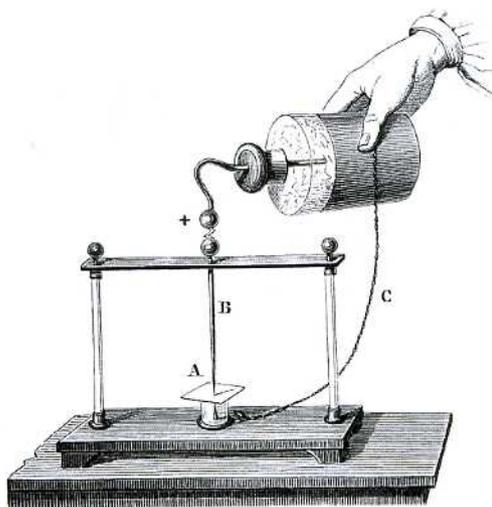
91 PERCE-VERRE ou PERCE-CARTE

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.



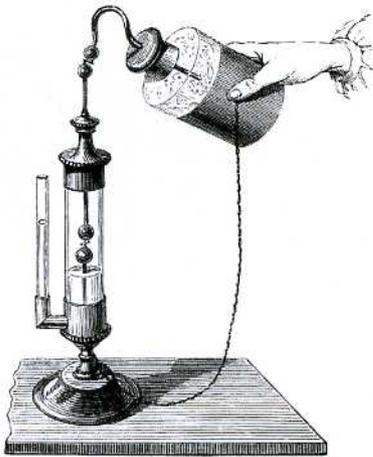
H : 28 - L : 25 - I : 14

92 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 fixés 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 - d : 4

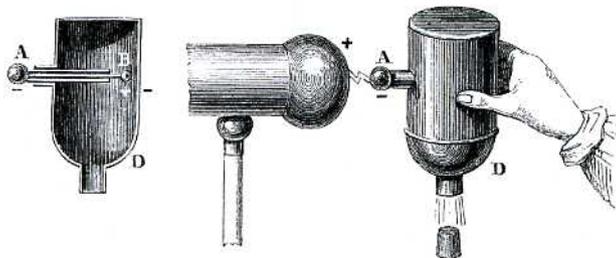
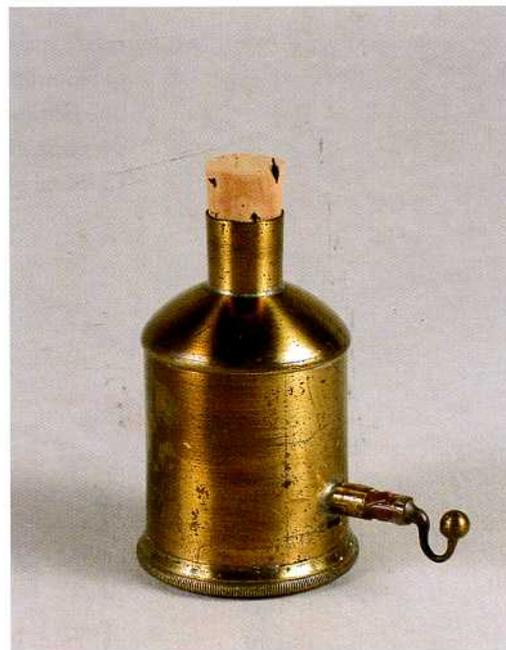
93 PISTOLET DE VOLTA

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 qui se produit alors, projette brusquement le bouchon dans l'air avec une détonation semblable à celle d'un coup de pistolet.



H : 11 - d : 6

94 CONDUCTEUR POUR «EFFET DE POINTE»

Loi ou phénomène → Décharge d'un conducteur électrisé provoquée par «l'effet de pointe».

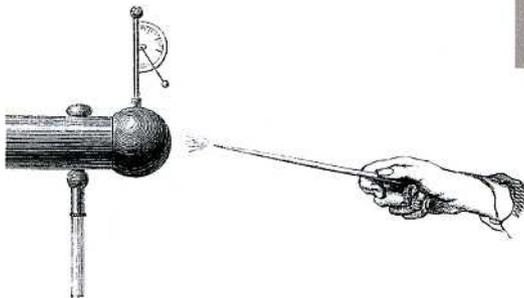
Description → Il s'agit d'un conducteur métallique comportant une boule solidaire d'une pointe métallique très effilée.

Expérience → Pendant le fonctionnement d'une machine électrostatique et lorsque le pendule est à son écart maximum, on approche la pointe : on voit le pendule retomber immédiatement à la verticale et on ne peut tirer d'étincelle d'aucun point du conducteur.

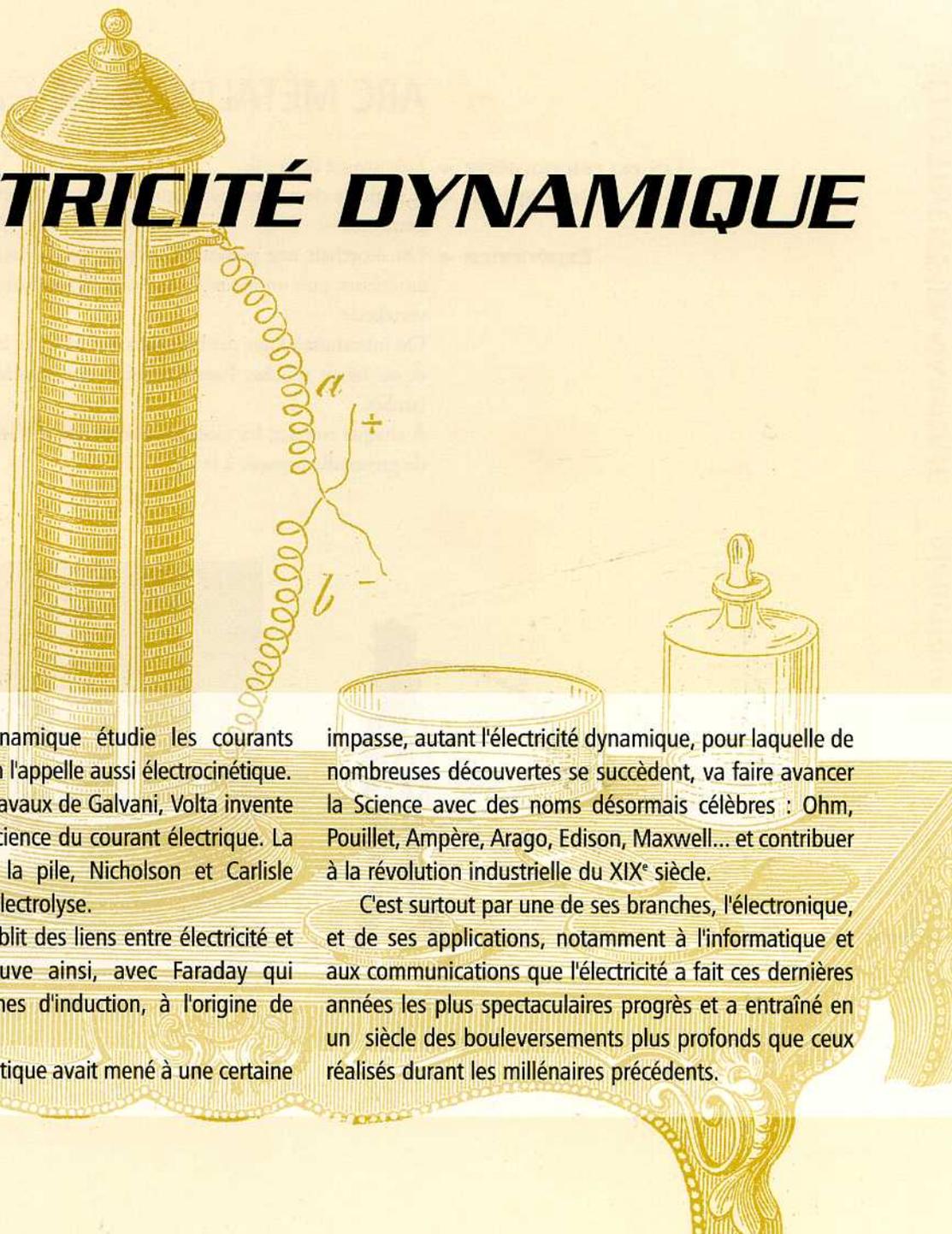
Dans l'obscurité, la pointe présente une aigrette lumineuse à l'image de celle qui se produit quelquefois sur la pointe des paratonnerres par temps très orageux.



L : 11 - d : 5



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^e 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.

95 ARC MÉTALLIQUE DE GALVANI

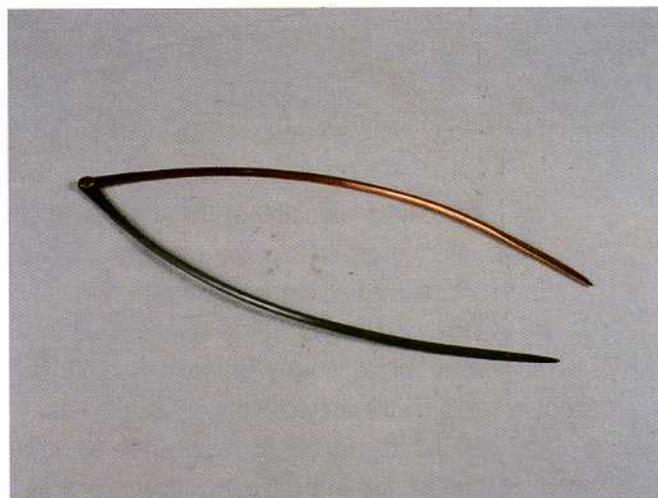
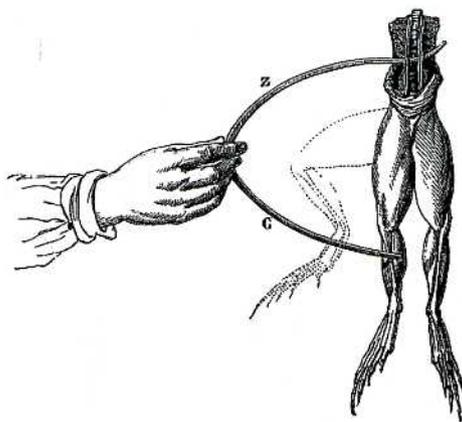
Loi ou phénomène → Découverte de la pile.

Description → Il s'agit de deux arcs métalliques formés de deux métaux, zinc et cuivre, reliés entre eux.

Expérience → On écorchait une grenouille vivante, on la coupait au-dessous des membres antérieurs, puis on mettait à nu les nerfs lombaires des deux côtés de la colonne vertébrale.

On introduisait l'une des branches de l'arc entre les nerfs et la colonne vertébrale et on faisait toucher l'autre branche aux muscles de l'une des cuisses ou des jambes.

À chaque contact, les muscles se repliaient et s'agitaient, comme si cette moitié de grenouille revenait à la vie.



H : 30 - d : 0,5

96 PILE À COLONNE OU PILE DE VOLTA

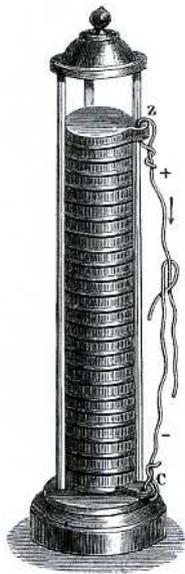
Fonction → Délivrer un courant électrique.

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 : 50 - d : 9

97 PILE-ÉTALON DE DANIELL

Fonction → Servir, à cause de sa constance, d'étalon dans la mesure des forces électromotrices.
Description → Elle se compose de deux tubes dont l'un renferme une tige de zinc pur et l'autre une tige de cuivre.

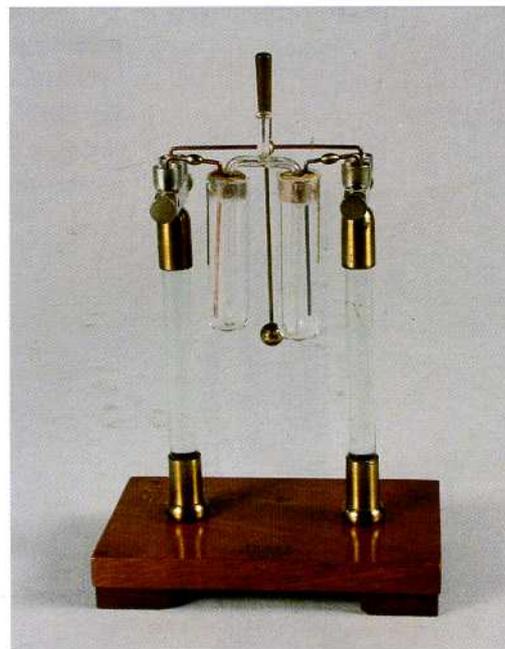
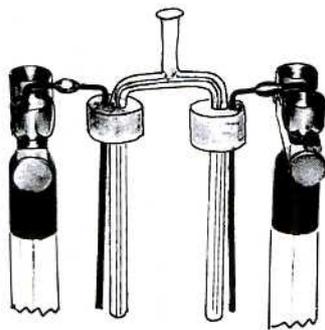
Un tube fin en forme de U, muni d'un entonnoir dans la partie centrale, relie les deux tubes.

Deux godets à mercure, portés par des potences en verre, assurent les liaisons électriques avec les tiges de cuivre et de zinc.

Mode opératoire → On plonge la tige de zinc dans une solution de sulfate de zinc (densité 1,4) et celle de cuivre dans une solution de sulfate de cuivre (densité 1,1).

On remplit le tube en forme de U d'une solution saline afin d'établir un pont entre les deux solutions précédentes.

La force électromotrice de cette pile étalon est de 1,072 V.



H : 24 - L : 18 - I : 10

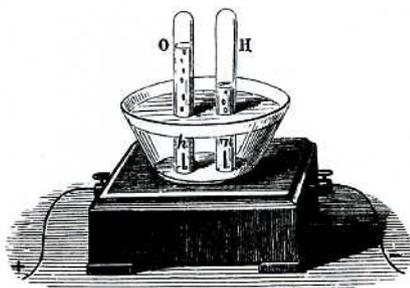
98 VOLTAMÈTRE À ÉLECTRODES DE PLATINE

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 de l'oxygène dans l'éprouvette qui recouvre l'électrode positive et de l'hydrogène, en volume double de celui de l'oxygène, dans celle qui est au dessus de l'électrode négative.



H : 14 - d : 9

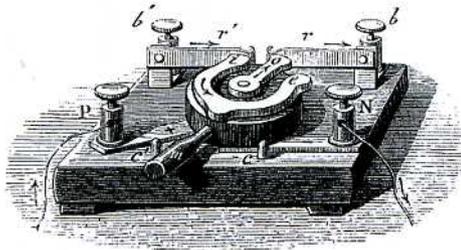


→ Remarque

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^e siècle décomposa la potasse, la soude, la baryte, la chaux, la magnésie, l'alumine. 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, aluminium.

99 COMMUTATEUR DE BERTIN

- Fonction** → Inverser le sens du courant dans un circuit.
- Description** → Monté sur une planchette en bois un disque en ébonite peut tourner autour d'un axe métallique vertical. Il est en permanence relié électriquement à la borne (P). Sur ce disque sont fixées deux pièces en laiton : l'une qui a la forme d'une lyre, touche constamment, sous le disque, une plaque de métal solidaire de la borne (N), l'autre, en contact avec l'axe, est donc reliée à la borne (P).
- Mode opératoire** → Les bornes (P) et (N) sont reliées aux pôles de la pile.
Les bornes (b) et (b') sont reliées aux extrémités du circuit.
Le courant parcourt le circuit dans un sens ou dans l'autre suivant que l'on pousse à droite ou à gauche la poignée (m) de la lyre.



H : 6 - L : 19 - I : 17

100 TABLE D'AMPÈRE MODIFIÉE BERTIN

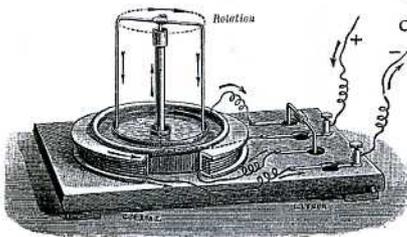
Loi ou phénomène → Rotation d'un courant vertical sous l'influence d'un courant circulaire horizontal.

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.



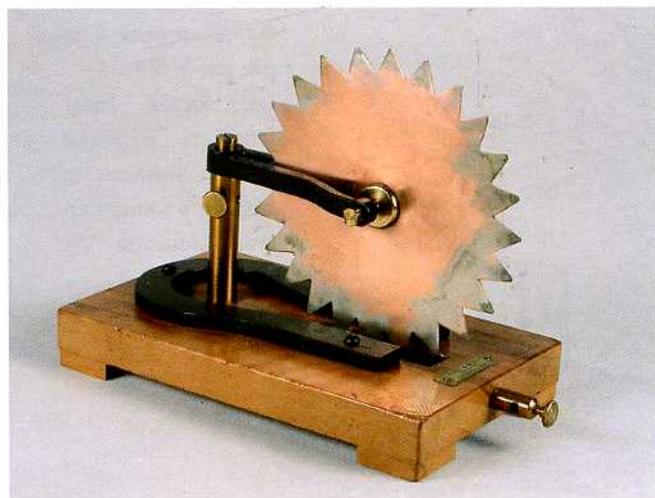
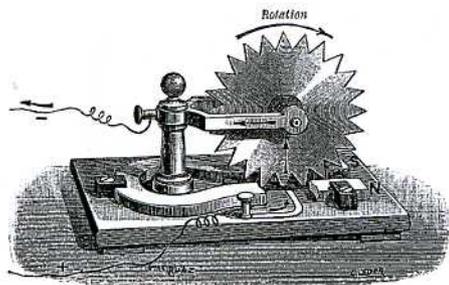
H : 18 - L : 47 - I : 28

constructeur :

E. Ducretet et L. Lejeune à Paris

101 ROUE DE BARLOW

- Loi ou phénomène** → Rotation 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 à toucher constamment, à la partie inférieure, 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 aux 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 : 17 - L : 23 - I : 12

constructeur :
Radiguet & Massiot,
13 et 15 Bd des Filles du Calvaire, Paris

102 ÉLECTRO-AIMANT EN FER À CHEVAL

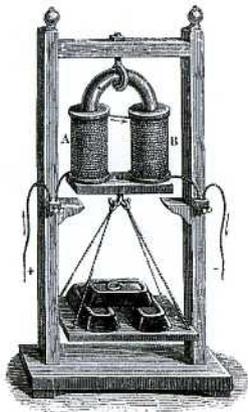
Loi ou phénomène → Aimantation temporaire d'un barreau de fer doux par une bobine traversée par un courant.

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 de noms contraires.

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 : 64 - L : 40 - I : 25

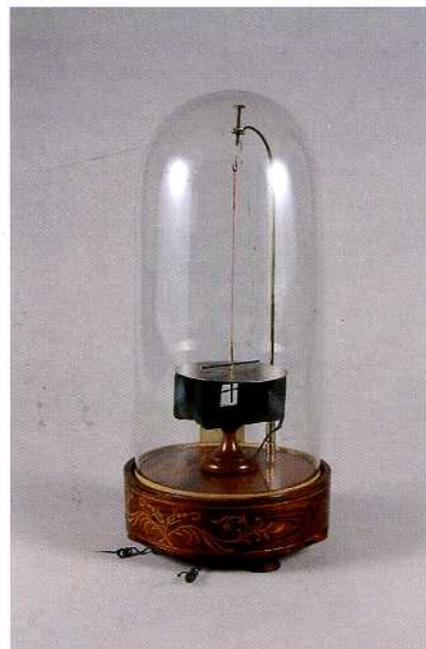
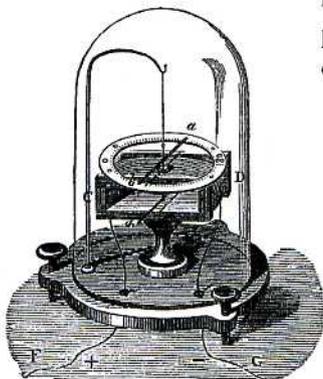
constructeur :
Ruhmkorff, Paris

103 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. Lorsque 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.



H : 37 - d : 17

constructeur :
Ruhmkorff, Paris

104 GALVANOMÈTRE DE LIGNE À AIMANT MOBILE

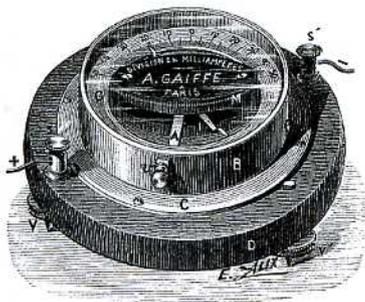
Fonction → Déterminer le sens et mesurer l'intensité des courants des lignes télégraphiques.

Description → Il se compose d'un cadre vertical fixe autour duquel on a enroulé un fil conducteur en spires parallèles.

À l'intérieur du cadre est placée une aiguille aimantée montée sur pivot ; une aiguille en aluminium, placée perpendiculairement à l'aiguille aimantée dont elle est solidaire, se déplace sur un cadran divisé.

Mode opératoire → On oriente le galvanomètre de telle sorte que le cadre soit orienté dans le plan du méridien magnétique, l'index en aluminium est alors en face du zéro de la graduation.

Quand un courant circule dans le galvanomètre, l'aiguille aimantée se déplace vers la droite ou la gauche, selon le sens du courant, proportionnellement à l'intensité de celui-ci.



H : 6 - d : 10

→ Remarque

Cet appareil servait à vérifier les lignes télégraphiques. L'absence de déviation indiquait que le fil de ligne était coupé, une déviation trop grande qu'il y avait une fuite à la «terre» (isolateur cassé, branche tombée sur le fil, etc.)

105 GALVANOMÈTRE DEPRESZ 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.

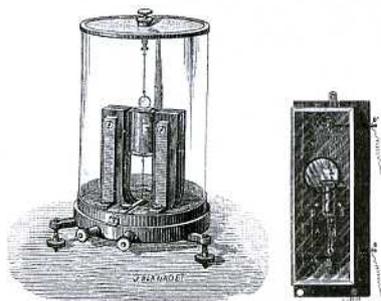
Mode opératoire → Lorsqu'il n'est pas en expérience, l'appareil est réglé de façon que la torsion du fil métallique place le plan du cadre dans le plan de l'aimant fixe.

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. À mesure que la

déviations 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 : 31 - d : 20

constructeur :
J. Carpentier, Paris



H : 33 - L : 9 - I : 3

constructeur :
Chauvin & Arnoux,
ingénieurs, Paris

→ **Remarque**

Une des propriétés caractéristiques de ce galvanomètre est de prendre immédiatement sa position d'équilibre.

106 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.

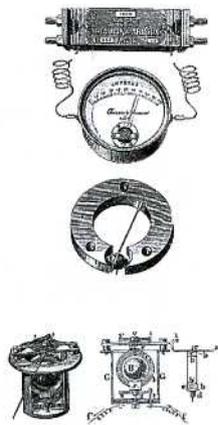
Cette bobine porte une aiguille mobile devant un cadran.

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.



d : 30

constructeur :
Chauvin & Arnoux,
ingénieurs, Paris

107 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).

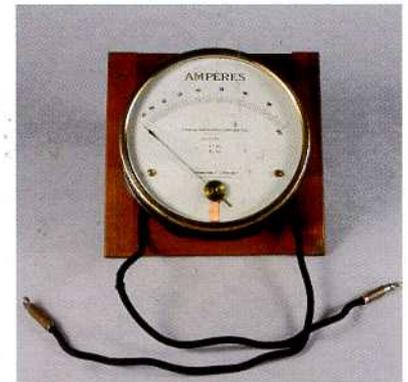
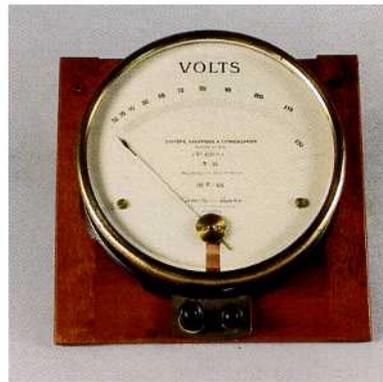
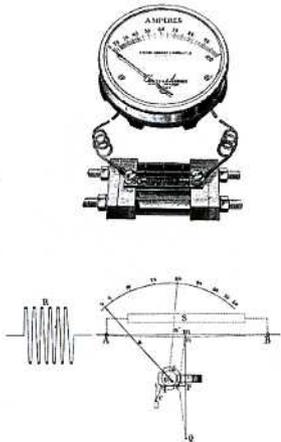
Une aiguille qui fait corps avec la poulie se déplace devant un cadran.

Grâce à un shunt (S) 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.



d : 19

constructeur :
Chauvin & Arnoux, ingénieurs, Paris

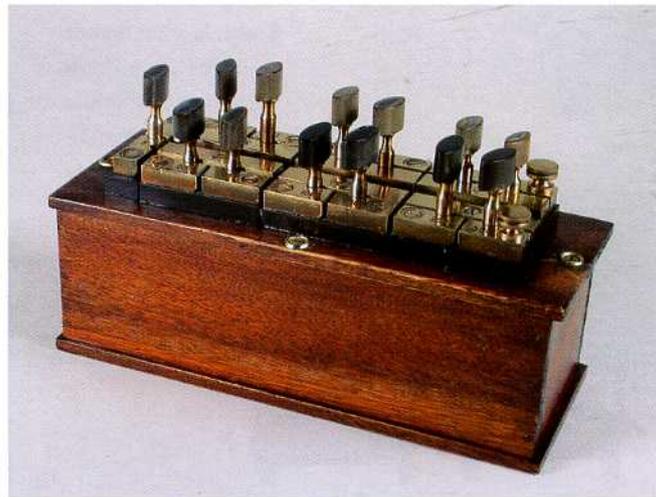
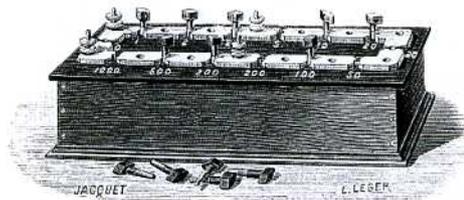
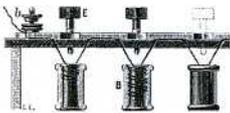
108 BOÎTE DE RÉSISTANCES

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, le courant passe tout entier 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 : 16 - L : 27 - I : 10

109 TÉLÉGRAPHE BRÉGUET

Fonction → Transmettre instantanément et à de grandes distances des messages sous forme alphabétique.

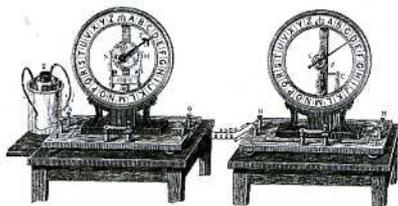
Description → L'appareil se compose essentiellement d'un manipulateur (à gauche) et d'un récepteur (à droite). Les deux appareils sont munis chacun d'un cadran portant 25 lettres de l'alphabet («w» absent) sur lequel se meut une aiguille.

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 : 6 - L : 10 - I : 10 / H : 18 - L : 8 - I : 6

110 MANIPULATEUR SYSTÈME MORSE

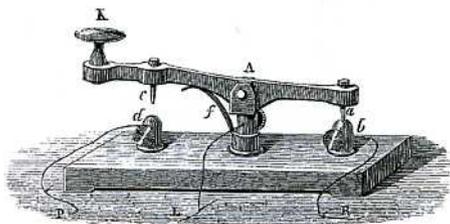
Fonction → Envoyer, par une succession de courants plus ou moins prolongés, des messages suivant le code de signaux Morse.

Description → C'est un levier en laiton mobile autour d'un axe (A) susceptible d'osciller entre un butoir (b) dit de repos contre lequel un ressort (f) l'appuie en temps ordinaire et un second butoir (d) dit de travail. Sur ce dernier le levier vient prendre appui quand il est abaissé par la main de l'opérateur appuyant sur la poignée (K). Le butoir (d) est relié au pôle (+) d'une pile, le levier à la ligne télégraphique, le butoir (b) au relais du récepteur.

Mode opératoire → Si l'opérateur appuie sur le levier, il envoie le courant de la pile dans le fil de ligne et donc au récepteur de l'autre poste.

Suivant le temps que l'opérateur maintient le contact, il se produit à la station réceptrice des traits plus ou moins longs. Le trait court et le trait long sont à la base du code de signaux Morse.

Quand le levier est soulevé, le contact s'établit à la partie postérieure entre (a) et (b) ; le manipulateur sert dans ce cas, à recevoir le courant de ligne et à le transmettre au récepteur et donc de recevoir des messages.



H : 4 - L : 12 - I : 7

111 FIL DE LIGNE SOUS-MARINE TÉLÉGRAPHIQUE

Fonction → Transmettre le courant d'une station à l'autre sous la mer.

Description → La ligne sous-marine est constituée par un câble armé, à un seul ou plusieurs conducteurs. Les câbles de grande longueur sont ordinairement à un seul conducteur.

L'enveloppe protectrice est faite au moyen de couches concentriques d'étoupe et de chanvre imprégnés de sulfate de cuivre. Les fils de fer et d'acier de l'armature extérieure sont eux-mêmes recouverts de chanvre goudronné. La solidité de cette armature est proportionnée aux efforts destructeurs auxquels elle devra résister dans les fonds où elle sera immergée.



→ Remarque

C'est en 1850 que fut immergé le premier câble entre Douvres et Calais. Dès 1866 l'Angleterre était reliée au continent américain. Un pareil câble reliait en 1869, Brest à Saint-Pierre, dans l'île de Terre-Neuve ; sa masse était de 620 kilogrammes par kilomètre.

H : 7,5 - d : 3

112 MANIPULATEUR INVERSEUR DE WITEHOUSE

Fonction → Permettre d'envoyer ou de recevoir des messages suivant l'alphabet Morse dans le cas de la télégraphie sous marine.

Description → Il s'agit d'un manipulateur double comportant un système de blocage permettant d'utiliser les deux manipulateurs ou de bloquer l'un des deux au choix.

Mode opératoire → Le câble sous marin, formé de deux parties métalliques séparées par une couche isolante, n'est autre chose qu'un énorme condensateur. Par suite, lorsqu'on lance dans l'âme du câble un courant négatif, celui-ci agissant par influence sur les fils d'acier qui forment l'armature du câble, ces fils se chargent positivement, tandis que l'électricité négative est repoussée.

De là naissent des contre-courants qui prolongent considérablement le retour à l'état neutre dans l'âme du câble lorsqu'on interrompt le courant.

Pour combattre ces inconvénients, le physicien anglais Witehouse eut l'idée d'utiliser ce manipulateur inverseur à deux touches qui fait passer alternativement dans le câble un courant positif puis un courant négatif. Ainsi le second flux, contraire au premier, vient ainsi le neutraliser aussitôt.

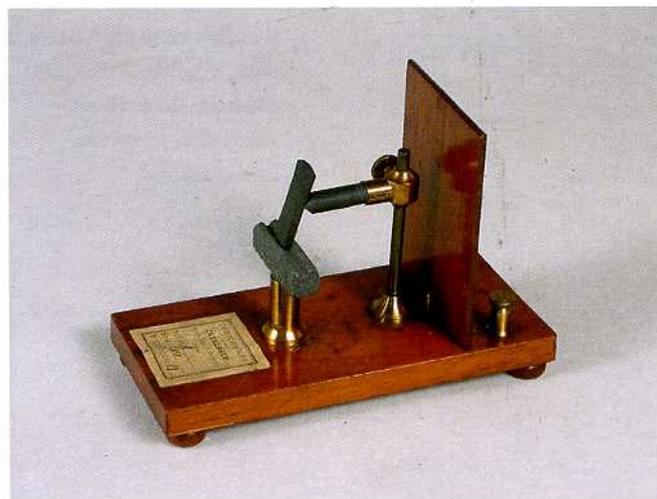
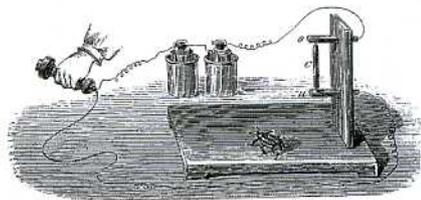


H : 10 - L : 14 - I : 10

constructeur :
A. Gaiffe, Paris

113 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 : 11 - L : 15 - I : 7

114 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 manoeuvrer facilement cette bobine inductrice.

Expérience → La bobine induite est reliée à un galvanomètre.

La bobine inductrice est reliée à une pile.

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».

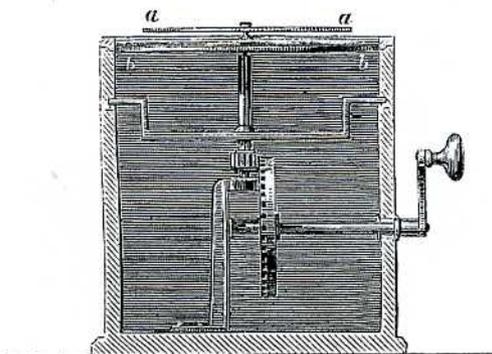


H : 32 - L : 19 - I : 19

constructeur :
Ducretet Lejeune

115 APPAREIL DU MAGNÉTISME DE ROTATION D'ARAGO

- 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 : 21 - L : 30 - I : 22

→ Remarque

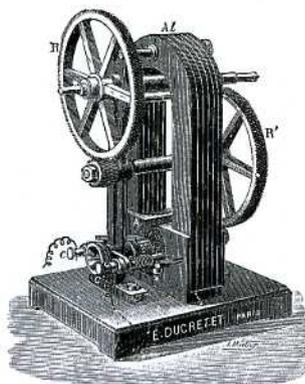
Ce phénomène est utilisé dans l'amortissement des oscillations des galvanomètres aperiodiques.

116 MAGNÉTO À COURANT ALTERNATIF (type E. Ducretet)

Fonction → Transformer l'énergie mécanique en énergie électrique afin d'obtenir, dans un circuit, des courants alternatifs.

Description → Dans le champ magnétique d'un aimant en forme de fer à cheval, un induit tourne, grâce à un système d'engrenages démultiplié. Il est constitué d'un noyau de fer doux sur lequel est enroulé le fil, parallèlement à l'axe, sous forme de multiples bobines reliées à un collecteur lui-même en contact avec deux balais.

Mode opératoire → Il suffit de tourner les manivelles pour communiquer, par l'intermédiaire des engrenages, une action rapide à l'induit qui produira des courants alternatifs dans le circuit qu'on aura relié à la magnéto.



H : 115 - L : 31 - I : 31

constructeur :
E. Ducretet à Paris

117 BOBINE DE RUHKORFF

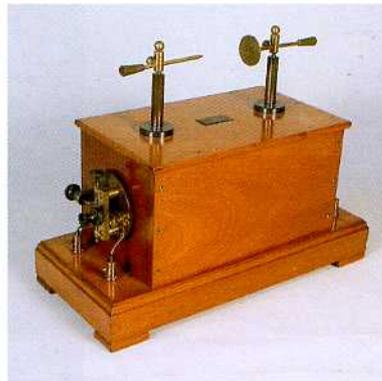
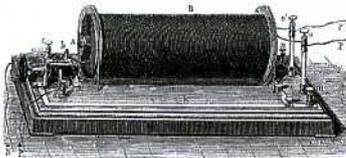
Fonction → Obtenir des tensions induites importantes et des courants induits intenses.

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.

Remarque : 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.

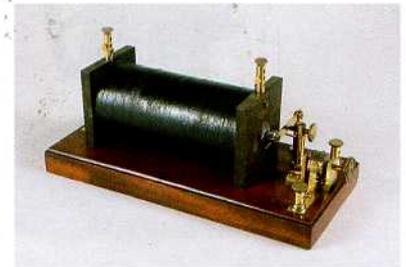
Le courant qui passe dans le gros fil de la bobine de Ruhmkorff n'agit par induction sur le fil fin que lors de son établissement ou de sa disparition. Il faut donc que ce courant soit constamment interrompu et c'est le rôle d'un petit marteau oscillant.

Mode opératoire → Il suffit de brancher une pile sur les bornes de la bobine inductrice pour obtenir des courants induits dont les effets sont très puissants.



H : 33 - L : 43 - l : 20

constructeur :
J. Carpentier, Paris



H : 16 - L : 33 - l : 15

constructeur :
A. Gaiffe, Paris

→ **Remarque**

Des bobines de petites dimensions étaient employées en Médecine pour entretenir l'activité des muscles atteints d'un commencement de paralysie (appareils de Gaiffe ou de Radiguet, par exemple)



118 TUBE DE GEISSLER (OU DE PLÜCKER)

porté par un moteur à fer tournant

Loi ou phénomène → Effets lumineux des décharges électriques dans les gaz raréfiés.

Description → C'est un tube de verre, étranglé en son milieu, scellé à la lampe ; aux extrémités du tube, deux fils de platine, soudés au verre, servent d'électrodes. Le gaz contenu dans le tube a été raréfié jusqu'à une pression inférieure à un centimètre de mercure.

Expérience → On relie les deux électrodes du tube aux pôles d'une bobine d'induction. Une décharge électrique se produit facilement ; le gaz placé entre les électrodes s'illumine alors avec une couleur dépendant de la nature du gaz.

La partie étranglée du tube permet d'obtenir une lueur plus éclatante dans le gaz.

Sa température étant peu élevée, observé au spectroscope, le gaz ne présente que ses raies propres.

À une pression de quelques dixièmes de millimètre de mercure, la colonne du tube présente une stratification formée de disques minces alternativement brillants et obscurs, la cathode est entourée d'un espace obscur.



moteur à fer tournant
H : 20 - d : 8



L : 25 - d : 2



119 TUBE DE CROOKES A CROIX DE MALTE

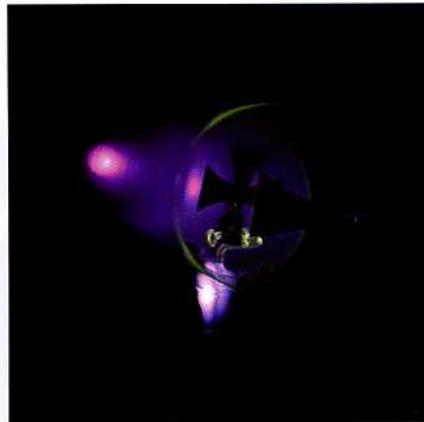
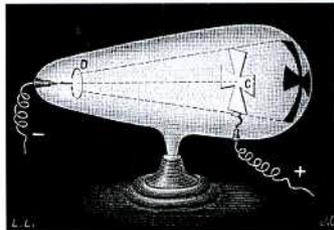
Loi ou phénomène → Mise en évidence de rayons cathodiques.

Description → Il s'agit d'un tube en verre, de forme conique, à l'intérieur duquel on a fixé une cathode métallique circulaire et une anode en aluminium en forme de croix de Malte.

Un vide, très poussé (de l'ordre du millième de millimètre de mercure) a été réalisé à l'intérieur de ce tube.

Expérience → On relie la cathode à la borne (-) et l'anode à la borne (+) d'une machine électrostatique. On observe une belle fluorescence verte sur la paroi opposée à la cathode.

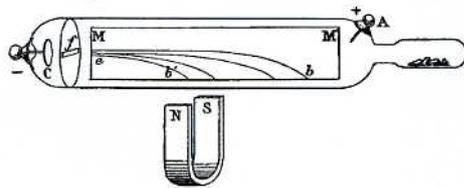
Les rayons qu'on nomme cathodiques (faisceau d'électrons émis par la cathode) sont arrêtés par l'anode et on observe l'ombre de la croix qui se détache sur la surface illuminée.



H : 19 - L : 27 - I : 7

120 TUBE À ÉCRAN FLUORESCENT

- Loi ou phénomène** → Déviation des rayons cathodiques par un champ magnétique (aimant) ou un champ électrique (condensateur).
- Description** → Il s'agit d'un tube cylindrique en verre dans lequel le vide a été poussé jusqu'à environ un millième de millimètre de mercure. Devant la cathode plane (C) à rayonnement cylindrique est placé un écran percé d'une fente à bords nets (f). Une plaque de mica (MM), recouverte d'une substance fluorescente et tangente au faisceau cathodique, permet de le visualiser. À l'autre extrémité du tube se trouve l'anode (A).
- Expérience** → On relie la cathode et l'anode aux pôles d'une bobine d'induction. Le faisceau cathodique, visualisé par la plaque fluorescente, 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 : 24 - L : 31 - I : 5

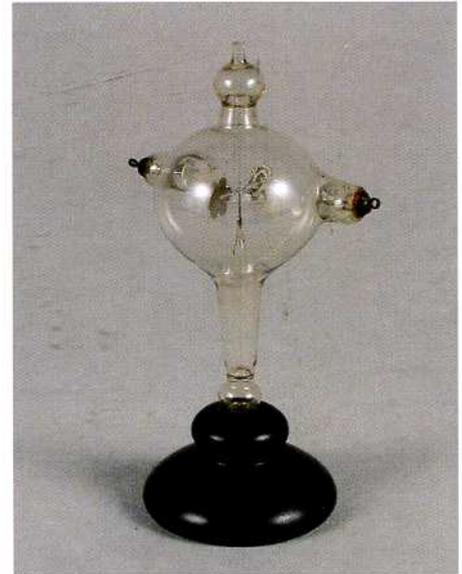
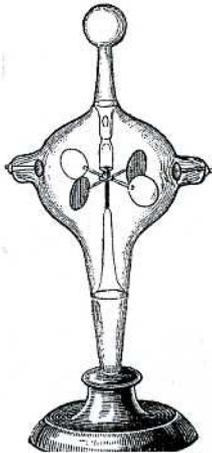
121 TUBE DE CROOKES AVEC ROUE PHOSPHORESCENTE

Loi ou phénomène → Montrer l'action mécanique des rayons cathodiques et leur effet sur la matière phosphorescente.

Description → Il s'agit d'un moulinet, muni d'ailettes, d'axe vertical, placé dans un vide modéré. Sur une des deux faces des ailettes, a été déposée de la matière phosphorescente selon un motif évoquant un cristal de neige.

Expérience → Si on relie les deux électrodes aux bornes d'une bobine d'induction, le moulinet se met en rotation sous l'action mécanique des rayons cathodiques. Le sens de rotation dépend du sens de ces rayons.

La face phosphorescente des ailettes s'illumine chaque fois qu'elle passe devant les rayons cathodiques.



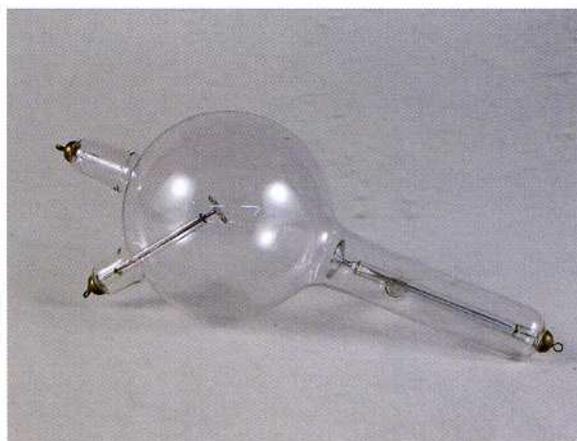
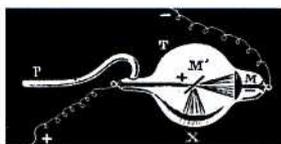
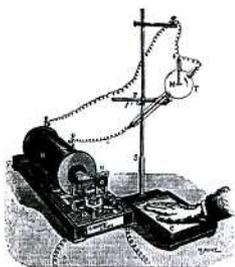
H : 19 - d : 11

122 TUBE À RAYONS X

Fonction → Produire des rayons X pour permettre des radiographies.

Description → Il s'agit d'une ampoule de forme sphérique dont un diamètre est prolongé de deux tubes. La cathode (M) est une surface sphérique concave à l'entrée de l'un des deux tubes. Au centre de l'ampoule, l'anode (M') est constituée d'une lame de platine inclinée à 45° sur l'axe de la cathodique.

Mode opératoire → On branche la cathode et l'anode aux bornes respectives (-) et (+) d'une bobine de Ruhmkorff. Les rayons cathodiques émis normalement par la cathode convergent au centre de la calotte. Sous l'impact de ces rayons cathodiques le platine émet des rayons X qui sont renvoyés dans toutes les directions et traversent la paroi du verre. Pour obtenir une radiographie, par exemple, de la main, on applique celle-ci sur une plaque photographique enveloppée de papier noir qui la protège contre la lumière, mais reste perméable aux rayons X. Après un certain temps d'exposition, on développe la plaque. Sur le cliché négatif, l'ombre des os se détache en blanc sur fond noir.



L : 26 - d : 10



→ Remarque

Dès 1898, Eugène Dorsène, photographe à Périgueux, fut un pionnier de la photographie «aux rayons X» comme en témoignent cette épreuve et le verso de ses cartes commerciales.

Hommes de sciences cités dans l'ouvrage

Francis Gires,

professeur de sciences physiques au Lycée-collège Saint-Joseph

- 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.
- AMPÈRE (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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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 équipage 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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 CISTERNAY)**, 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.

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.

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.

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 spectroscopie 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 .

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 le phénomène de la pile électrique.

GAUSS (Cari 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...

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.

HENLEY (William), (? – 1779). En 1772, il fabriqua un électromètre à cadran. Il montra en 1774 que la vapeur est conductrice de l'électricité.

HOPE (Thomas Charles VAN), chimiste écossais (1766-1844). Il montra en 1805 que la densité de l'eau est maximale à 4°C.

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.

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 spectroscope 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).
- KOENIG (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...
- 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.
- 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.
- MARIOTTE (abbé Édme)**, 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.
- 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.
- 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.
- 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..
- 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.
- NICHOLSON (William)**, physicien et chimiste anglais (1753-1815). Il découvrit avec Carlisle, l'électrolyse de l'eau et inventa un aréomètre.

ØERSTED (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.

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.

POUILLET (Claude Servais Mathias), physicien français (1790-1868). Il retrouva, en 1834, par la méthode expérimentale, les lois d'Ohm et dégagna les notions de force électromotrice et de résistance intérieure des générateurs.

PTOLÉMÉE (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.

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...

RUHKORFF (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 Bénédict DE), naturaliste et physicien suisse (1740-1799). Il imagina l'hygromètre à cheveu, l'électromètre à pointe...

SCHWEIGGER (Johann Salomo Christoph), physicien allemand (1779-1857). En 1820, il construisit un multiplicateur qui constitue le premier galvanomètre.

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...

TORICELLI (Evangelista), physicien italien (1608-1647). Élève de Galilée, il inventa le baromètre et découvrit les effets de la pression atmosphérique.

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.

VOLTA (Alessandro), physicien italien (1745-1827). Il inventa la première pile électrique en 1800.

WHITEHOUSE Edward, ingénieur anglais vers 1758. Il s'intéressa surtout à la télégraphie sous-marine.

Francis Gires,
professeur de sciences physiques au Lycée-college Saint-Joseph

- A. ANGOT, *Traité de physique élémentaire*, Paris, Hachette et Cie, 1884, 2^e éd.
J. BASIN, *Physique*, Paris, Vuibert et Nony, 1908, 4^e éd.
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, 5^e éd.
E. BOUANT, *Dictionnaire-manuel-illustré des sciences usuelles*, Paris, A. Colin, 1903, 6^e éd.
E. BOUANT, *Eléments de physique*, 2 vol., Paris, F. Alcan, 1905, 2^e éd.
E. BOUANT, *La physique et la chimie, Brevet élémentaire de capacité de l'enseignement primaire*, Paris, Delalain frères, 1909, 18^e 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, 5^e éd.
B. BOUTET DE MONVEL, *Notions de physique*, Paris, Hachette et Cie, 1865, 7^e éd.
E. BRANLY, *Cours élémentaire de physique*, Paris, Ch. Poussielgue, 1902, 4^e éd. - J. De Gigord, 1915, 7^e éd.
E. BRANLY, *Traité élémentaire de physique*, Paris, J. De Gigord, 1924, 6^e éd.
H. BUIGNET, *Manipulations de physique, cours de travaux pratiques*, Paris, J.-B. Baillière et fils, 1877.
M. CHASSAGNY, *Cours élémentaire de physique*, Paris, Hachette et Cie, 1904, 4^e éd.
M. CHASSAGNY et F. CARRE, *Précis de physique*, Paris, Hachette, 1912, 6^e éd.
M. CHASSAGNY, *Cours élémentaire de physique*, Paris, Hachette, 1920, 8^e 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, 2^e éd.
G. DARY, *À travers l'électricité*, Paris, Nony & Cie, 1900, 2^e éd.

- M. DEGUIN, *Cours élémentaire de physique*, 2 vol., Paris, E. Belin, 1853, 8^e 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, 1905, 11^e éd.
- C. DRION et E. FERNET, *Traité de physique élémentaire*, Paris, V. Masson et fils, 1861, 2^e éd. – G. Masson, 1875, 5^e éd. – 1885, 10^e éd. – 1889, 11^e éd. – 1893, 12^e éd. – 1900, 13^e éd.
- S. DUCLAU, *La science populaire, physique expérimentale, (acoustique, optique)*, Limoges, E. Ardant et Cie, vers 1880.
- G. ÈVE, *Physique, classe de Mathématiques élémentaires*, Paris, Éditions Magnard, 1939
- E. FERNET, *Cours de physique pour la classe de mathématiques spéciales*, Paris, G. Masson, 1886, 3^e éd.
- L. FIGUIER, *Principales découvertes scientifiques modernes*, 4 vol., Paris, Langlois et Leclercq & V. Masson, 1858, 5^e 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, 13^e éd.
- A. GANOT, *Traité élémentaire de physique expérimentale et appliquée*, Paris, A. Ganot, 1853, 2^e éd. – 1854, 3^e éd. – 1857, 7^e éd. – 1866, 12^e éd. – 1868, 13^e éd. – 1874, 16^e éd. – 1876, 17^e éd.
- A. GANOT, *Traité élémentaire de physique*, (cours entièrement refondu par G. Maneuvrier), Paris, 1884, 19^e éd. – 1887, 20^e éd. – 1894, 21^e éd. – 1903, 22^e éd. – 1905, 23^e éd. – 1908, 24^e éd. – 1913, 25^e éd. – 1918, 26^e éd. – 1931, 30^e 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, 3^e éd. – 1878, 7^e 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, 9^e éd.
- GARIEL, *Cours de physique médicale*, Paris, F. Savy, 1892, 3^e éd.
- C. GLASER, *Traité de la chimie*, Paris, C. Glaser, 1667, 2^e éd.
- H. GOSSIN, *Cours de physique*, Paris, Hachette et Cie, 1887, 2^e éd.
- Abbé HAÛY, *Traité élémentaire de physique*, 2 vol., Paris, Bachelier, 1821, 3^e 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 XIX^e – XX^e siècles», Bulletin de l'Union des Physiciens n° 748 et 749, Paris, 1992.
- N. HULIN, «Les instruments dans l'enseignement scientifique au XIX^e siècle», corps écrit (P.U.F.) n°35 p.39-43.
- N. HULIN, «Histoire des sciences et enseignement scientifique : quels rapports ? Un bilan XIX^e – XX^e siècles», Bulletin de l'Union des Physiciens n° 786, Paris, 1996.
- N. HULIN (sous la direction de), *Physique et 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 et F. GIRES, «Physique côté cours, cabinet de physique dans l'enseignement secondaire au XIX^e siècle», Périgueux, Musée du Périgord, 1997.
- J. JAMIN, *Petit traité de physique*, Paris, Gauthier-Villars, 1870.
- J. JAMIN, *Cours de physique de l'École Polytechnique*, Paris, Gauthier-Villars, 1891 tome 1, 1886 tome 2, 1887 tome 3, 1890 tome 4, 4^e 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^eme éd.
- Abbé NOLLET, *Leçons de physique expérimentale*, Paris, Frères Guérin, 1745, tome 2, 2^e éd. – 1745, tome 3, 1^{re} éd. – 1748, tome 4, 1^{re} éd., H.- L. Guérin & L.- F. Delatour, 1755, tome 5, 1^{re} éd. – 1764, tome 6, 1^{re} éd.

- H. PELLAT, *Leçons sur l'électricité*, Paris, 1889.
- PELLETAN, *Traité élémentaire de physique générale et médicale*, 2 vol., Paris, Germer Baillière, 1838, 3^e 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^e éd.
- M. POUILLET, *Éléments de physique expérimentale et de météorologie*, 3 vol., Paris, L. Hachette et Cie, 1853, 6^e éd.
- A. PRIVAT DESCHANEL, *Traité élémentaire de Physique*, Paris, L. Hachette et Cie, 1869.
- L.PYENSON et J.-F. GAUVIN, *L'art d'enseigner la physique*, Sillery (Québec), Septentrion, 2002.
- P. REGNAULT, *Les entretiens physiques d'Ariste et d'Eudoxe ou physique nouvelle en dialogues*, Paris, J. Clousier, 1737, 3^e éd.
- A. ROGUET, *Elémens de physique*, Paris, P. Dupont, 1838.
- A. TURPAIN, *Physique*, Paris, Vuibert, 1912, 2^e éd. – 1921, 4^e 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, 4^e éd.
- Auteur inconnu : *Le captif*, bibliothèque chrétienne et morale approuvée par monseigneur l'Evêque de Limoges, Limoges, Barbou frères, 1856.
- Les Sciences au Lycée : «*Un siècle de réformes des mathématiques et de la physique en France et à l'étranger*», sous la direction de Bruno Belhoste, Hélène Gispert et Nicole Hulin, 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.
- Les lauréats des concours d'agrégation de 1821 à 1950* par André Chervel, Service Histoire de l'Éducation, INRP.

La vie et l'œuvre scientifique de Jean Brossel

Claude Cohen-Tannoudji

discours en hommage à Jean Brossel prononcé en séance publique de l'Académie des Sciences le 25 mai 2004

Il y a un peu plus d'un an, le 4 février 2003, Jean Brossel nous quittait. Il était membre de notre compagnie depuis janvier 1977. Avec lui disparaissait l'une des figures les plus marquantes de la physique atomique française et mondiale, celui qui, avec Alfred Kastler, avait réussi après la seconde guerre mondiale à créer dans notre pays l'un des centres de recherche les plus actifs et les plus novateurs dans ce domaine.

Jean Brossel est né le 15 août 1918 à Périgueux. Il était le fils d'un couple d'instituteurs et il est resté toute sa vie très attaché aux valeurs de l'école de la république. C'est au cours d'un oral du baccalauréat qu'il rencontra pour la première fois, comme examinateur, Alfred Kastler qui était à l'époque professeur à l'université de Bordeaux. Ce fut le point de départ d'une complicité entre ces deux hommes, qui allait se poursuivre pendant des dizaines d'années.

Jean Brossel fut admis à l'École Normale Supérieure dans la section sciences en octobre 1938. La guerre interrompit ses études et il fut mobilisé dans les forces terrestres antiaériennes. Son courage pendant la campagne de France lui valut d'être décoré de la croix de guerre. Il revint à l'École Normale Supérieure pour y reprendre ses études, de 1941 à 1945, période difficile dont il me parlait parfois, marquée par l'occupation allemande, les restrictions, les arrestations d'élèves et de professeurs par la gestapo. C'est au cours de cette période qu'il retrouva Alfred Kastler qui avait été nommé depuis peu comme enseignant à l'École. Il effectua sous sa direction un diplôme d'études supérieures avant de passer l'agrégation en 1945.

À cette époque, la recherche française était sinistrée. Les laboratoires étaient restés coupés du monde extérieur durant toute la durée de la guerre. C'est la raison pour laquelle Alfred Kastler suggéra à Jean Brossel d'aller à l'étranger pour s'initier à des nouvelles techniques. Jean Brossel se rendit ainsi avec une bourse d'attaché de recherches au CNRS, en Angleterre, à Manchester dans le groupe de Samuel Tolansky. Il y acquit une maîtrise de techniques du vide, qui lui fut précieuse pour la suite de ses recherches. Il se familiarisa aussi avec l'utilisation des interféromètres de Fabry-Pérot qu'il appliqua à l'étude des surfaces et aux mesures des structures hyperfines atomiques.

Quand Jean Brossel revint à Paris en 1948, Alfred Kastler venait de recevoir une lettre de l'un des ses collègues américains, Francis Bitter, professeur au Massachusetts Institute of Technology (MIT), l'informant qu'une bourse dans son laboratoire était disponible pour un jeune étudiant français, s'intéressant à la spectroscopie. Alfred Kastler conseilla à Jean Brossel de saisir cette occasion. Ainsi donc, quelques semaines seulement après son retour d'Angleterre, Jean Brossel repartit aux États-Unis avec un poste de «research associate in physics».

Le programme de recherche proposé par Francis Bitter était séduisant. Il consistait à essayer d'étendre aux états atomiques excités les méthodes de la spectroscopie hertzienne qui étaient en plein développement et qui fournissaient une moisson impressionnante de résultats sur les états atomiques fondamentaux et sur les états métastables de longue durée de vie. Plus précisément, Francis Bitter suggérait de détecter la résonance magnétique dans l'état excité d'un atome par une modification des longueurs d'onde optiques émises par l'atome. L'expérience était difficile car elle nécessitait une excellente résolution optique, une puissance radiofréquence élevée et une grande stabilité de fréquence. Jean Brossel se mit courageusement au travail, même s'il avouait ne pas très bien comprendre les calculs de Bitter. En fait, son intuition était correcte car, un an après le début de ce travail, Maurice Pryce publia un article montrant que les résultats à attendre n'étaient pas du tout ceux prévus par Bitter. Entre temps, Jean Brossel avait accepté de rester un an de plus au MIT. Il se mit à réfléchir à de nouvelles méthodes pour détecter optiquement la résonance magnétique dans l'état excité et il eut alors une très belle idée, celle consistant à utiliser la polarisation de la lumière de résonance optique. L'excitation résonnante de l'atome avec une lumière convenablement polarisée permet en effet de porter ce dernier dans un sous-niveau Zeeman bien défini de l'état excité. Sous l'effet d'un champ de radiofréquence résonnant l'atome est porté dans un autre sous-niveau excité à partir duquel il retombe dans l'état fondamental en émettant une lumière de polarisation différente. La résonance magnétique dans l'état excité peut être ainsi détectée par un changement de polarisation de la lumière émise, ce qui ne nécessite plus des mesures de fréquences optiques avec des résolutions élevées. Pendant toute cette période, Jean Brossel était resté en contact épistolaire étroit avec Alfred Kastler et ce dernier était arrivé indépendamment à la même idée. Ils publièrent ensemble, en 1949, une note aux Comptes Rendus de l'Académie des Sciences exposant le principe de cette méthode, dite de «double résonance». Au cours des deux années qui suivirent, Jean Brossel en démontra expérimentalement la validité sur l'atome de mercure et obtint des résultats confirmant de manière remarquable toutes les prédictions théoriques. Quand il revint en France, en 1951, il soutint une thèse d'état brillante sur ce sujet.

Pendant que Jean Brossel effectuait ses travaux expérimentaux au MIT sur la méthode de double résonance, Alfred Kastler avait continué à réfléchir à Paris sur l'excitation optique des atomes avec de la lumière polarisée et il était arrivé à la conclusion que l'absorption de photons polarisés par l'atome suivie d'émission spontanée de photons devait permettre de produire des taux de polarisation appréciables dans l'état fondamental des atomes. On peut dire en quelque sorte que les photons polarisés transportent du moment cinétique et que ce moment cinétique est transféré aux atomes lorsqu'ils absorbent ces photons. Une autre image qu'on peut donner de cet effet est celle d'une pompe ôtant les atomes d'un sous-niveau Zeeman de l'état fondamental pour les transférer dans un autre, d'où le nom de «pompage optique» donné à un tel phénomène.

Les méthodes de double résonance et le pompage optique permettent ainsi de préparer les atomes dans des sous-niveaux bien définis de l'état excité ou fondamental, puis de détecter, par un changement de polarisation de la lumière émise par les atomes, tout passage de l'atome d'un sous-niveau à l'autre, induit par un champ de radiofréquence résonnant ou un processus de relaxation (comme une collision avec un autre atome ou une surface). La simplicité et l'élégance de ces méthodes optiques, leur très grande sensibilité (la détection porte sur des photons optiques ayant une énergie beaucoup plus élevée que les photons de radiofréquence), leur très haute résolution (les transitions de radiofréquence ont un effet Doppler négligeable), ouvraient à l'évidence un nouveau champ de recherches plein de promesses. Aussitôt la thèse de Jean Brossel soutenue, Alfred Kastler et Jean Brossel décidèrent donc de créer un nouveau groupe de recherche pour explorer ce domaine, groupe auquel ils donnèrent le nom de «Laboratoire de spectroscopie hertzienne de l'École Normale Supérieure».

Il est difficile aujourd'hui d'imaginer l'état de délabrement dans lequel se trouvaient les laboratoires français à cette époque. Les équipements étaient vieillots et obsolètes, les crédits dérisoires. À la fin de son séjour au MIT, Jean Brossel avait eu des offres séduisantes pour rester travailler aux États-Unis. Il décida néanmoins de rentrer en France. Mais il ne pouvait cacher son angoisse devant les conditions matérielles très difficiles qu'il trouvait au laboratoire de l'École Normale malgré tous les efforts de son directeur Yves Rocard et de Michel Soutif pour récupérer des matériels sur les surplus militaires américains. Le seul élément positif était la qualité et l'enthousiasme des étudiants qui pouvaient être recrutés à l'École Normale et qui étaient attirés vers ce domaine de recherche par les cours passionnants que donnait Alfred Kastler. Notre confrère Jacques Emile Blamont, qui fut l'un des premiers normaliens à rejoindre l'équipe à la fin de 1951, raconte dans l'un de ses articles, comment son premier travail consista à transporter avec Jean Brossel un four de récupération dans la salle du laboratoire qui leur avait été affectée, et

comment Jean Brossel réussit à construire autour de ce four un banc de pompage pour réaliser les divers appareillages de verre ou de quartz nécessaires pour les expériences. Tout au long de sa vie, Jean Brossel ne s'est jamais arrêté de souffler du verre. Il avait un talent remarquable, que personne n'arrivait à égaler, pour remplir des cellules ou des lampes avec des isotopes de très grande pureté, et sans son habileté, aucune expérience n'aurait pu réussir.

Jean Brossel consacra ainsi tous ses talents de physicien et toute son énergie pour construire un montage expérimental avec les premiers étudiants qui venaient faire sous sa direction un diplôme d'études supérieures, puis plus tard une thèse de doctorat. Une moisson impressionnante de résultats importants ne tarda pas alors à être obtenue. En août 1952, moins d'un an après le démarrage de l'équipe, la première démonstration de la possibilité de polariser des atomes par pompage optique dans l'état fondamental fut réalisée sur un jet atomique de sodium avec Jacques Michel Winter. Quelques mois plus tard, la résonance magnétique entre sous-niveaux Zeeman de l'état fondamental du sodium fut détectée optiquement avec Bernard Cagnac. Des résonances supplémentaires, inattendues, furent observées au cours de ces expériences. Avec son sens physique remarquable, Jean Brossel les interpréta comme étant dues au passage résonnant de l'atome d'un sous-niveau à l'autre par



Laboratoire Kastler-Brossel
décembre 1956

absorption, non pas d'un seul, mais de plusieurs photons. C'était l'une des premières observations claires et non ambiguës des transitions multiphotoniques, problème qui allait être repris ensuite de manière plus approfondie au cours de la thèse d'état de Jacques Michel Winter, avec là encore des contributions essentielles de Jean Brossel pour la compréhension du rôle essentiel joué par la conservation du moment cinétique global dans ces résonances. En 1954, le pompage optique du sodium et la détection optique des résonances magnétiques furent réalisées au cours du diplôme d'études supérieures de Jean-Pierre Barrat, non plus sur un jet atomique, mais dans une cellule, les atomes ayant le temps d'être pompés optiquement lors de leur vol en ligne droite d'une paroi à l'autre de la cellule avant qu'ils ne se désorientent lors du choc sur la paroi. Les diplômes d'études supérieures de Jean Margerie en 1955, puis le mien en 1956, montrèrent ensuite que l'adjonction d'un gaz étranger dans la cellule permettait d'augmenter l'amplitude des résonances et de diminuer leur largeur, ce qui montrait que le temps de vol d'une paroi à l'autre était augmenté par diffusion au sein du gaz et que les collisions entre atomes de sodium et atomes de gaz étranger étaient peu dépolarisantes et peu déphasantes. Il s'agissait là d'un problème de relaxation par collision sur une paroi ou en phase gazeuse qui passionnait Jean Brossel et auquel il allait s'intéresser dans d'autres contextes tout au long de sa carrière avec ses élèves, comme Marie-Anne Bouchiat, Jean-Pierre Faroux, Alain Omont, Michèle Leduc, Valérie Lefèvre. Un autre effet spectaculaire découvert en 1956 au cours de la thèse d'état de notre confrère Jacques Emile Blamont qui appliquait la méthode de double résonance à l'étude de l'effet Stark de l'état excité du mercure, fut l'affinement des raies de résonance magnétique quand on augmente la densité de vapeur du mercure. On s'attendait plutôt à un élargissement de ces raies dû à l'accroissement du nombre de collisions résonnantes entre atomes quand la pression de vapeur augmente. Là, encore, ce fut Jean Brossel qui trouva l'interprétation du phénomène en termes de transfert de cohérence d'un atome à l'autre dû à la réabsorption par le second atome du photon émis par le premier. Ce photon transmet au second atome une information sur les relations de phase introduites sur le premier atome par le champ de radiofréquence. Tout se passe comme si la durée de vie de l'état atomique excité était rallongée ce qui explique l'affinement des raies quand la pression de vapeur augmente et que le piégeage des photons au sein de la vapeur devient plus important. Le diplôme d'études supérieures de Marie-Anne Bouchiat et la thèse d'état de Jean-Pierre Barrat furent consacrés à une étude approfondie de

ce phénomène dont les résultats confirmèrent pleinement l'intuition de Jean Brossel. Une multitude d'autres résultats importants furent obtenus au cours des dix premières années d'existence du laboratoire et que je ne peux ici qu'énumérer sans pouvoir les décrire en détail : extension de la méthode de doubles résonance aux atomes excités par un bombardement électronique dirigé avec Jean-Claude Pebay-Peroula et Jean-Pierre Descoubes ; orientation par pompage optique de noyaux des isotopes impairs du mercure et du cadmium avec Bernard Cagnac, puis Jean-Claude Lehmann ; observation des déplacements de niveaux d'énergie des atomes par la lumière, un effet sur lequel porta mon travail de thèse d'état et qui devait se révéler, trente ans plus tard, jouer un rôle essentiel dans les mécanismes de refroidissement laser des atomes, comme l'«effet Sisyphe».

Tous ceux qui ont connu cette période du laboratoire et le véritable feu d'artifice de résultats qui étaient obtenus, en gardent un souvenir inoubliable. Nous avions l'impression de vivre une véritable aventure au contact de deux hommes, Alfred Kastler et Jean Brossel, qui savaient créer autour d'eux une atmosphère chaleureuse et stimulante et nous communiquer leur passion de la science. Je mesure à quel point je leur suis redevable pour ma formation de physicien. C'est Alfred Kastler qui m'a attiré vers la physique par son talent d'enseignant et sa personnalité si attachante. C'est Jean Brossel qui m'a initié à la démarche scientifique, par sa rigueur intellectuelle, sa manière d'analyser les résultats d'une expérience et son exigence d'une modélisation théorique claire et convaincante pour valider telle ou telle interprétation.

Tous les résultats obtenus par le laboratoire ne manquèrent pas de susciter un très grand intérêt dans la communauté internationale, intérêt qui devait se traduire en 1966 par l'attribution du prix Nobel de physique à Alfred Kastler. Ce fut pour tous une immense joie en même temps qu'un certain regret de ne pas voir Jean Brossel associé à cette distinction, car il avait joué un rôle tout à fait essentiel dans l'obtention de tous ces résultats. Alfred Kastler était le plus malheureux de nous tous devant une telle situation et il ne cessa toute sa vie d'exprimer, avec une sincérité absolue, ses regrets que Jean Brossel n'ait pas été distingué en même temps que lui par le jury Nobel. Le comportement de Jean Brossel dans ces circonstances fut d'une dignité remarquable. Il n'exprima jamais la moindre amertume. Il était sincèrement heureux de cette distinction qu'il considérait comme une reconnaissance de la qualité des recherches poursuivies depuis une quinzaine d'années par toute l'équipe.

Au milieu des années 1960, l'effectif du laboratoire avait sensiblement augmenté et une structuration en équipes avait vu le jour, avec des responsables auxquels Jean Brossel faisait entièrement confiance et à qui il laissait une liberté totale pour le choix des thèmes de recherche et la direction des jeunes chercheurs qui rejoignaient ces équipes. Ce style de direction du laboratoire m'a toujours paru remarquable dans la mesure où il laisse à de jeunes chefs d'équipe la possibilité de s'épanouir pleinement, dans une atmosphère de confiance et de liberté. C'est aussi à cette époque que l'extension d'une partie du laboratoire sur le nouveau campus de Jussieu fut réalisée et que de nombreux nouveaux thèmes de recherches commencèrent à être explorés, utilisant notamment toutes les possibilités offertes par les sources laser qui devenaient disponibles dans les laboratoires : violation de la parité dans les atomes avec l'équipe de Anne-Marie Bouchiat ; spectroscopie à deux photons sans effet Doppler avec Bernard Cagnac, François Biraben et Gilbert Grynberg ; atomes habillés par des photons, puis plus tard refroidissement et piégeage des atomes par des faisceaux laser dans ma propre équipe ; pompage optique des molécules avec Jean-Claude Lehmann ; diffusion de la lumière par les surfaces et les fluides avec Marie-Anne Bouchiat et Pierre Lallemand ; étude des états de Rydberg atomiques très excités puis électrodynamique quantique en cavité avec Serge Haroche ; fluides quantiques



Laboratoire Kastler-Brossel

1966

polarisés avec Franck Laloe, Claire Lhuillier et Michèle Leduc ; optique non linéaire avec Gilbert Grynberg ; optique quantique avec Claude Fabre et Élisabeth Giacobino ; dynamique des systèmes coulombiens avec Jean-Claude Gay et Dominique Delande.

Cette augmentation du nombre d'équipes dans le laboratoire s'accompagnait également d'un essaimage important de chercheurs vers l'extérieur. Jean Brossel a toujours été très attentif, et ceci dès la fin des années 1950, à cet aspect de la politique scientifique d'un laboratoire. C'est ainsi que des nouvelles équipes de recherche en physique atomique furent constituées à partir de chercheurs formés au laboratoire, à Grenoble, à Caen, à Paris-Nord, à Bordeaux, à Nice, à Lyon, à Toulouse. Par sa politique intelligente, Jean Brossel a ainsi contribué de manière essentielle à la création d'une école française de physique atomique, bien répartie sur le territoire national, et dont la réputation internationale n'a cessé de croître.

Jean Brossel ne s'est pas consacré seulement à la direction et au développement de son propre laboratoire. En plus de son activité d'enseignement que j'évoquerai plus loin, il a également accepté d'assumer des tâches d'intérêt collectif avec beaucoup d'énergie et de dévouement. Il accepta la présidence de la Société Française de Physique en 1968. Il fut membre du Comité Consultatif des Universités de 1970 à 1975. Il présida la commission d'optique et de spectroscopie moléculaire du CNRS de 1971 à 1976. Dans cette dernière fonction, il fut à la fois respecté et redouté car il ne tolérait aucune compromission. Il lisait de manière approfondie tous les dossiers importants et utilisait toute sa force de conviction pour défendre les meilleurs. En 1973, après le départ à la retraite d'Yves Rocard, il fut appelé à la direction du Département de Physique de l'École Normale Supérieure. Ce n'était pas une tâche facile de succéder à un directeur qui occupait cette fonction depuis 1945. Jean Brossel réussit de manière remarquable dans cette nouvelle fonction. Il réorganisa les dispositifs de financement du département pour les rendre mieux adaptés aux relations avec les grands organismes de recherche de notre pays et parvint en particulier à rénover la bibliothèque. Surtout, pour élargir le spectre des disciplines représentées au département, il invita deux nouvelles équipes à venir s'y installer : une équipe de physique théorique des particules, avec entre autres Philippe Meyer, Claude Bouchiat, Jean Iliopoulos, devenue depuis laboratoire propre du CNRS, et une équipe de radioastronomie millimétrique, avec Pierre Encrenaz. Ces deux implantations furent très bien réussies et les deux équipes correspondantes contribuent de manière significative à la renommée internationale du département.

Jean Brossel a consacré également beaucoup de temps et d'efforts à l'enseignement. Quatre ans après son retour des États-Unis en 1955, il quitta le CNRS pour entrer comme maître de conférences à la Faculté des Sciences de Paris. C'était l'année où j'effectuais mon diplôme d'études supérieures sous sa direction et je me souviens des journées entières qu'il passait à faire passer les oraux des examens aux étudiants du CPEM, qui s'appelaient alors le PCB. Il donnait également un cours de physique atomique à l'Institut du radium. Dès mon retour du service militaire en janvier 1960, au début de mon travail de thèse de doctorat, il me demanda d'assurer une heure de cours par semaine sur la relativité restreinte et la mécanique statistique. C'était l'époque où l'on essayait de moderniser l'enseignement de physique à l'université, enseignement qui était resté très classique et très traditionnel. Jean Brossel avait appris la mécanique quantique et la physique moderne sur le tas et il pensait qu'il était essentiel de repenser la formation qui était donnée aux étudiants. Avec Alfred Kastler, il se considérait toujours lui-même comme un étudiant et je me souviens avec émotion des cours de mécanique quantique, de résonance magnétique, de physique nucléaire qui étaient donnés en 1955 au Commissariat à l'Énergie Atomique par Albert Messiah, Anatole Abragam, et Claude Bloch, et que toute l'équipe d'Alfred Kastler et Jean Brossel, les deux directeurs en tête, allait suivre fidèlement une fois par semaine.

Ces efforts de rénovation allaient déboucher sur la mise en place de la nouvelle maîtrise de physique par Pierre Aigrain avec des programmes complètement renouvelés, et aussi avec la création des enseignements de troisième cycle. Jean Brossel prit l'initiative, qui devait se révéler extrêmement fructueuse, de créer un troisième cycle, qu'il appela troisième cycle de physique atomique et statistique, dont les cours étaient donnés au laboratoire de physique de l'École Normale Supérieure par une équipe d'enseignants qui comportait au début Alfred Kastler, Jacques Yvon, Pierre-Gilles de Gennes, Jean Brossel, Pierre Aigrain et moi-même. Le programme des cours n'était pas spécialisé, mais très général, permettant aux étudiants qui les suivaient d'acquérir les

notions de base essentielles pour aborder tout domaine de la physique dans lequel ils désiraient s'engager. Peu d'initiatives ont eu un impact aussi important pour le développement de la physique en France. Ce troisième cycle qui existe toujours, sous le nom de DEA de physique quantique, a formé des centaines d'étudiants qui animent maintenant des équipes de recherche dans tous les domaines : physique théorique, physique de particules, physique statistique, physique atomique, physique des solides, astrophysique. Jean Brossel avait compris qu'il était essentiel d'attirer intellectuellement les jeunes étudiants les plus brillants, de les motiver pour la recherche et de leur donner une formation générale à la physique moderne aussi solide que possible. Il donnait lui-même des cours très orientés vers la description des expériences, décrivant les techniques utilisées et analysant la démarche scientifique permettant d'interpréter les résultats et d'en tirer des conclusions valables.

Jean Brossel s'est aussi impliqué dans la politique scientifique des universités. Il a présidé pendant plusieurs années une instance qui s'appelait commission fédérale de physique et qui regroupait les professeurs et maîtres de conférences des facultés des sciences de Paris et d'Orsay. Je me souviens toujours avec nostalgie des séances où nous discutons sous sa présidence, des politiques de développement et de recrutement de ces deux universités. Je ne suis pas sûr malheureusement que la même qualité d'ouverture des débats se retrouve dans les commissions de spécialistes actuelles.

Jean Brossel a reçu de nombreuses distinctions au cours de sa carrière, dont le grand prix de la fondation Jaffé et le grand prix Ampère de notre compagnie, le prix des trois physiciens, le prix Robin de la Société Française de Physique, le prix Holweck décerné conjointement par les Sociétés Française et Anglaise de Physique, la Médaille d'or du CNRS. Il était Docteur *Honoris Causa* des Universités de Mayence, de Pise et de Heidelberg. Il était Officier de la Légion d'Honneur et Grand Croix de l'Ordre National du Mérite.

Jean Brossel a consacré toute sa vie à la physique et à la formation des étudiants qui venaient travailler avec lui. Il était très exigeant pour lui-même et pour ses élèves. Sa rigueur scientifique et son honnêteté intellectuelle, jointes à une certaine timidité naturelle pouvaient dérouter des interlocuteurs qui ne le connaissaient pas et qui redoutaient son jugement sans complaisance. Mais ceux qui franchissaient cette barrière découvraient en lui une personnalité chaleureuse, attentive aux autres et d'une grande sensibilité. J'ai eu personnellement la chance d'avoir avec lui des contacts quasi quotidiens. J'allais dans son bureau ou il venait dans le mien et nous avions de longues conversations sur un problème de physique ou sur tel ou tel aspect de la politique scientifique de notre pays. Il ne prenait jamais une décision sans en parler longuement avec les personnes en qui il avait confiance. J'ai été aussi toujours émerveillé par sa très vaste culture en musique, en peinture, en littérature. C'était toujours passionnant de l'entendre parler d'un film ou de l'histoire de telle ou telle civilisation lors de voyages scientifiques que nous avons effectués ensemble dans des pays lointains, comme la Chine ou l'Iran. Il avait un sens de l'humour très développé que son accent méridional rendait encore plus savoureux. Sa jeunesse s'était pourtant déroulée dans des conditions difficiles : les années de guerre à l'École Normale, les longs séjours à l'étranger, en Angleterre puis aux États-Unis, les années de travail acharné après son retour en France pour créer son laboratoire auquel il consacrait tout son temps, de nombreuses nuits, tous ses samedis, dimanches et vacances. Tout cela explique sans doute pourquoi il ne s'est pas marié et n'a pas fondé de famille. Il adorait pourtant les enfants et savait leur parler et établir tout de suite un contact avec eux. Quand sa nièce Catherine a quitté Périgueux pour venir travailler à Paris il a joué vis-à-vis d'elle et de ses enfants un véritable rôle de père et de grand-père. Je voudrais dire à Catherine et à Benjamin qui sont parmi nous aujourd'hui, ainsi qu'à tous les autres membres de la famille de Jean Brossel à Périgueux, à quel point nous partageons leur peine et leur chagrin.

Liste des instruments du catalogue par disciplines

PESANTEUR : p. 43



- 1 Tube de Newton
- 2 Machine d'Atwood
- 3 Machine de Morin
- 4 Cylindre remontant un plan incliné
- 5 Double cône de Nollet
- 6 Appareil de la force centrifuge
- 7 Balance de précision

PROPRIÉTÉS DES GAZ : p. 59



- 14 Baromètre de Fortin
- 15 Tube de Mariotte
- 16 Cuvette profonde à mercure
- 17 Pompe de compression
- 18 Vase diabète ou de Tantale
- 19 Pompe aspirante
- 20 Trompe à eau aspirante et soufflante

HYDROSTATIQUE : p. 51



- 8 Appareil à obturateur
- 9 Appareil de Masson
- 10 Balance hydrostatique (accessoires)
- 11 Ludion
- 12 Appareil des vases communicants
- 13 Niveau à bulle d'air

ACOUSTIQUE : p. 67



- 21 Porte-voix
- 22 Cornet acoustique
- 23 Métronome
- 24 Sirène de Cagniard-Latour
- 25 Éprouvette pour la résonance
- 26 Diapason sur boîte de résonance
- 27 Électro-diapason
- 28 Tuyaux pour l'étude de l'influence des parois
- 29 Modèle d'embouchure de flûte
- 30 Tuyau à lèvres supérieure mobile

- 31 Tuyau à coulisse
- 32 Tuyau ouvert pour la production des harmoniques
- 33 Tuyau à anche libre
- 34 Flammes manométriques de Koenig
- 35 Sonomètre
- 35 bis Sonomètre différentiel de Marloye
- 36 Plaques vibrantes pour figures de Chladni
- 37 Tubes cylindriques sonores

CHALEUR : p. 87



- 38 Anneau de S'Gravesande
- 39 Appareil de Régnault pour déterminer le degré cent du thermomètre
- 40 Pile thermo-électrique de Melloni
- 41 Appareil de Van Hope
- 42 Marmite de Papin ou digesteur
- 43 Tube de Natterer
- 44 Vase d'Arsonval
- 45 Hygromètre d'Alluard
- 46 Appareil d'Ingenhouz
- 47 Lampe de sûreté de Davy
- 48 Miroirs conjugués ou miroirs ardents
- 49 Appareil de Tyndall
- 50 Moteur Stirling à air chaud

OPTIQUE : p. 101



- 51 Alidade à pinnules
- 52 Prisme de Newton
- 53 Polyprisme
- 54 Prisme-flacon
- 55 Lentilles
- 56 Disque de Newton
- 57 Système de deux prismes achromatique
- 58 Diasporamètre de Rochon
- 59 Lunette astronomique et terrestre
- 60 Banc d'interférences et de diffraction de Pouillet (1)
- 60 bis Banc d'interférences et de diffraction de Pouillet (2)
- 61 Pince à tourmalines
- 62 Pince pour figures de Brewster
- 63 Lanterne à arc électrique et ses accessoires
- 64 Lumière Drummond

MAGNÉTISME : p. 117



- 65 Aiguille aimantée sur pivot
- 66 Boussole d'inclinaison
- 67 Boîte de conservation des aimants droits dite de Knight
- 68 Balance magnétique

ÉLECTRICITE STATIQUE : p. 123



- 69 Conducteur avec manche isolant
- 70 Pendule électrique au sol
- 71 Balance de Coulomb
- 72 Sphère creuse de Coulomb
- 73 Cage de Faraday
- 74 Hémisphères pour expérience de Biot
- 75 Cylindre isolé d'Æpinus
- 76 Électroscope à feuilles d'étain
- 77 Machine électrique de Ramsden
- 78 Électromètre de Henley
- 79 Carillon électrique
- 80 Appareil à grêle de Volta

- 81 Tourniquet électrique
- 82 Condensateur d'Æpinus
- 83 Bouteille de Leyde
- 84 Bouteille de Franklin à armatures mobiles
- 85 Jarre électrique
- 86 Batterie électrique
- 87 Excitateur universel
- 88 Électroscope condensateur de Volta
- 89 Poudreuse électrostatique pour figures de Lichtenberg
- 90 Tube étincelant
- 91 Perce-verre ou perce-carte
- 92 Thermomètre de Kinnersley
- 93 Pistolet de Volta
- 94 Conducteur pour «effet de pointe»

ÉLECTRICITE DYNAMIQUE : p. 151



- 95 Arc métallique de Galvani
- 96 Pile à colonne ou pile de Volta
- 97 Pile-étalon de Daniell
- 98 Voltamètre à électrodes de platine
- 99 Commutateur de Bertin
- 100 Table d'Ampère modifiée Bertin
- 101 Roue de Barlow
- 102 Electro-aimant en fer à cheval
- 103 Galvanomètre ou multiplicateur de Nobili

- 104 Galvanomètre de ligne à aimant mobile
- 105 Galvanomètre Deprez d'Arsonval
- 106 Voltmètres et ampèremètres apériodiques
- 107 Voltmètres et ampèremètres thermiques
- 108 Boîte de résistances
- 109 Télégraphe Bréguet
- 110 Manipulateur système morse
- 111 Fil de ligne sous-marine télégraphique
- 112 Manipulateur inverseur de Witehouse
- 113 Microphone de Hughes
- 114 Bobine double de Faraday
- 115 Appareil du magnétisme de rotation d'Arago
- 116 Magnéto à courant alternatif
- 117 Bobine de Ruhmkorff
- 118 Tube de Geissler porté par un moteur à fer tournant
- 119 Tube de Crookes à croix de Malte
- 120 Tube à écran fluorescent
- 121 Tube de Crookes avec roue phosphorescente
- 122 Tube à rayons X
- 123 Oscillographe double à fil de Peschard et Zurcher



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
le jour de la sainte Geneviève
— MMV —
pour l'A.S.E.I.S.T.E.



I.S.B.N. 2-9523415-0-8



Catalogue édité à l'occasion de l'exposition
organisée par l'**A.S.E.I.S.T.E.**

association de sauvegarde et d'étude des instruments scientifiques et techniques de l'enseignement



à **Pau** du 3 janvier au 18 février 2005
à **Bordeaux** du 7 mars au 24 avril 2005
à **Périgueux** du 9 mai au 26 août 2005

