

Auteur ou collectivité : Duboscq, Jules

Auteur : Duboscq, Jules (Maison)

Titre : Historique et catalogue de tous les instruments d'optique supérieure appliqués aux sciences et à l'industrie

Adresse : Le Mans : Typographie Edmond Monnoyer , 1885

Collation : X-110 p. : ill.; 24 cm + 5 pl. + 1 pl. Dépl.

Cote : CNAM-MUSEE ISO.4-DUB

Sujet(s) : Optique-- Instruments ; Appareils et instruments scientifiques ; Réfraction ; Lumière ; Photographie -- Appareils et matériels ; Acoustique

URL permanente : http://cnum.cnam.fr/redir?M20328_221

Bridge
MAISON JULES DUBOSCO

FONDÉE, EN 1819, PAR SOLEIL PÈRE

HISTORIQUE & CATALOGUE

DE TOUS LES

INSTRUMENTS D'OPTIQUE SUPÉRIEURE

APPLIQUÉS

AUX SCIENCES ET A L'INDUSTRIE

Avec 5 Planches et 117 Figures intercalées dans le texte

MAGASINS

PARIS – 21, Rue de l'Odéon – PARIS

Seule entrée au fond de la Cour

Prix: **5** francs

LA MAISON N'A PAS DE SUCCURSALE

Les Instruments sont marqués

JULES DUBOSCO

1885

9 0 2 9 0
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

RECOMPENSES OBTENUES PAR LA MAISON

MÉDAILLES

PARIS 1834, 1839, 1844, 1849

SOLEIL père, Chevalier de la Légion d'honneur

LONDRES 1851. — NEW-YORK 1853. — BORDEAUX 1854

PARIS 1855, 1857

DIJON 1858. — LONDRES 1862

M. Jules DUBOSCQ, nommé Chevalier de la Légion d'honneur
OFFICIER D'ACADÉMIE

ROUEN 1863. — PORTO 1865, *Croix du Christ*

Paris 1867, *Hors Concours*

LONDRES 1871. — VIENNE 1873

PHILADELPHIE 1876, *Médaille d'Honneur*

Paris 1878

LILLE 1878. — PARIS 1881. — AMSTERDAM 1883

GRAND DIPLOME D'HONNEUR

CATALOGUE

MAISON JULES DUBOSCO

Fondée en 1819

PAR SOLEIL PÈRE

INV. 20.328.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires^a

MAISON JULES DUBOSCO

FONDÉE, EN 1819, PAR SOLEIL PÈRE

HISTORIQUE & CATALOGUE

DE TOUS LES

INSTRUMENTS D'OPTIQUE SUPÉRIEURE

APPLIQUÉS

AUX SCIENCES ET A L'INDUSTRIE

Avec 5 Planches et 117 Figures intercalées dans le texte

M A G A S I N S

PARIS — 21, Rue de l'Odéon — PARIS

Seule entrée au fond de la Cour

Prix: **5** francs

LA MAISON N'A PAS DE SUCCURSALE

Les Instruments sont marqués

JULES DUBOSCO

1885

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

AVANT-PROPOS

Le présent Catalogue est divisé en seize chapitres comprenant chacun les instruments similaires fondés sur les mêmes principes ou servant aux mêmes recherches.

En tête de chaque division, se trouve un historique succinct et aussi exact que possible, dont les éléments ont été puisés soit aux sources mêmes, dans les mémoires des savants, soit dans les meilleurs traités.

La plus grande partie de ce Catalogue est consacrée aux instruments d'optique supérieure. Depuis de longues années, j'ai fait de la construction de ces appareils une spécialité de ma Maison. On sait combien a été favorable au progrès de la science et à la parfaite exécution des appareils cette habitude qui a prévalu de borner l'activité des constructeurs à une branche seulement de la science, de manière à constituer des spécialités. Cette spécialisation, en effet, en concentrant sur un point particulier toute l'activité de l'intelligence et toute l'habileté de mains, permet d'apporter dans la construction des appareils les dispositions les plus favorables et l'exécution qui laisse le moins à désirer ; aussi j'ose dire que les instruments sortis de mes Ateliers sont aussi parfaits que le permettent les meilleurs procédés en usage dans les arts de précision et l'outillage mécanique le plus perfectionné.

Indépendamment de ces travaux spéciaux, on doit à mon habile prédécesseur, **Soleil père**, une innovation qui a rendu de grands services à l'enseignement en général et à celui des sciences en particulier. Je veux parler de l'usage des projections lumineuses et de la construction des appareils propres à cet usage. Grâce aux projections, les expériences que pouvaient voir quelques personnes seulement sont aujourd'hui montrées dans les cours à un millier d'auditeurs à la fois, ce qui a permis de donner un enseignement profitable des interférences, de la diffraction et de la polarisation.

Mais on ne peut projeter les images de phénomènes ou d'objets, en les agrandissant, qu'avec le concours d'une vive lumière. Or le soleil se montre trop rarement dans nos contrées pour qu'on puisse compter sur sa lumière à jour fixe. La lumière électrique est venue fort à propos

remédier à l'inconstance du soleil. J'ai donc continué l'œuvre de mon beau-père en associant à la lanterne à projections la lumière électrique rendue invariable à l'aide de mon régulateur.

Le développement considérable qu'a pris dans ces dernières années l'enseignement populaire sous la forme de conférences ou d'entretiens familiers accompagnés de projections lumineuses, m'a fourni l'occasion de développer notre œuvre. Dès à présent, on peut non seulement projeter sur un écran l'image considérablement agrandie d'animalcules ou d'objets très petits et de phénomènes invisibles à l'œil nu, comme certaines cristallisations, mais à l'aide de nouveaux appareils que j'ai construits et qui sont aujourd'hui d'un usage général, on parvient à représenter également sur l'écran vertical les phénomènes qui ne peuvent se manifester que sur un plan horizontal. Enfin pour rendre visibles les corps tellement petits qu'on ne peut voir leur image au microscope photo-électrique, j'ai imaginé de projeter, non l'objet, mais son image photographique déjà agrandie. C'est ainsi que j'ai procédé pour les globules du sang en 1853.

On comprendra sans peine que nous tenions à revendiquer pour notre Maison l'honneur d'avoir eu l'initiative d'une entreprise scientifique couronnée d'un si beau succès. On s'expliquera également que nous ayons réservé dans notre Catalogue une place importante aux appareils à projections. En même temps que les Écrivains et les Conférenciers scientifiques et de concert avec eux, nous avons contribué à répandre les connaissances scientifiques, à faire connaître les découvertes des Savants, à inspirer le goût de l'étude, enfin à rendre tout enseignement à la fois et plus facile et plus attrayant, au moyen de l'image ajoutée à la leçon, de manière à la compléter et à l'animer.

(Voir la planche de projection des principaux phénomènes d'optique, planche que nous avons fait imprimer pour la première fois en 1851.)

Disons, en terminant, combien nous sommes heureux d'avoir l'occasion de remercier ici publiquement les Savants Français et Étrangers qui ont bien voulu nous éclairer de leurs conseils, nous guider dans nos travaux et nous honorer de leur concours. Nous ferons tous nos efforts pour continuer à mériter leur haute et précieuse bienveillance.

Jules DUBOSCQ.

AVIS

Nous nous chargeons d'exécuter d'après dessins, tous les Instruments ayant rapport à l'optique et à l'éclairage électrique.

Nous fournissons également tous les Appareils qui composent un cabinet de physique — un *Catalogue spécial* est envoyé sur demande; tous les instruments sont vérifiés avant d'être expédiés.

Les personnes qui s'adressent à nous pour la première fois sont priées de nous envoyer un mandat sur la poste ou d'indiquer une maison connue à Paris, où l'on puisse présenter la facture et en toucher le montant lors de l'expédition; sans cette précaution, nous ferions suivre en remboursement.

On peut faire les commandes en indiquant les numéros d'ordre des Appareils et l'année du Catalogue.

Nous prions les personnes qui voudront se servir d'intermédiaires pour nous faire leurs commandes, d'exiger que les Appareils soient marqués JULES DUBOSCQ, pour éviter les contrefaçons.

On est prié d'affranchir les lettres.

Il ne sera fait aucune diminution sur les prix du catalogue.

Les frais d'emballage et d'envoi sont à la charge du destinataire ainsi que les risques de route.

Afin d'éviter les erreurs, on est prié de s'adresser directement à la Maison.

LA MAISON N'A PAS DE SUCCURSALE

Les Instruments sont marqués

JULES DUBOSCQ

21, Rue de l'Odéon, 21

SEULE ENTREE AU FOND DE LA COUR

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TABLE DES MATIÈRES

OPTIQUE

Chapitres.	Pages
I. — Sources lumineuses. — Lumière solaire. — Lumières artificielles....	1
II. — Appareils divers de projection. — Accessoires	15
III. — Photométrie. — Théorie. — Unités diverses. — Unité étalon. — Mesure des intensités.....	24
IV. — Ondes lumineuses. — Effets de leur rencontre. — Interférences. — Diffraction. — Anneaux colorés. — Réseaux.....	32
V. — Catoptrique. — Réflexions des ondes lumineuses. — Lois de la réflexion. — Miroirs plans, concaves, convexes, cylindriques, coniques. — Miroirs magiques.....	39
VI. — Dioptrique. — Réfraction des ondes lumineuses. — Lois de la réfrac- tion. — Dispersion. — Prismes. — Achromatisme des prismes....	43
VII. — Spectroscopie. — Historique. — Raies du spectre. — Absorption. — Chaleur obscure. — Radiophonie. — Mélange des couleurs. — Recomposition de la lumière blanche. — Fluorescence. — Phospho- rescence	48
VIII. — Action sur la lumière des milieux à surfaces courbes. — Lentilles concaves, convexes, ménisques. — Achromatisme. — Focomètre...	63
IX. — Détermination de la vitesse des ondes lumineuses dans les différents milieux. — Indice de réfraction des corps solides, liquides, gazeux.	66
X. — Théorie des vibrations lumineuses suivant des directions constantes. — Polarisation. — Ondes elliptiques, sphériques. — Double réfrac- tion. — Polarisation chromatique, elliptique, circulaire, rectiligne. — Cristaux à un axe, à deux axes. — Assemblages de cristaux. — Cristaux dichroïques. — Appareils de projection dans la lumière polarisée.....	69

Chapitres.	Pages.
XI. — Appareils de mesure des cristaux. — Goniomètres. — Sphéromètres. .	87
XII. — Polarimétrie. — Saccharimétrie. — Historique.	91
XIII. — Appareils basés sur la réflexion et la réfraction de la lumière. — Chambres claires. — Chambres noires. — Microscopie. — Lunettes. — Télescopes.	95
XIV. — Vision. — Persistance des impressions sur la rétine. — Illusions d'optique. — Appareils divers. — Stéréoscopie, son historique. . . .	98
XV. — Appareils pour la photographie. — Historique.	101
XVI. — Appareils divers. — Appareils enregistreurs de M. Mascart.	108

ACOUSTIQUE

XVII. — Appareils de Lissajous. — de M. Mercadier.	113
------------------------------------------------------------	-----



CHAPITRE I.

SOURCES LUMINEUSES

Dans un même milieu la lumière se propage en ligne droite

LUMIÈRE SOLAIRE

- 1 **Porte-lumière solaire**, s'oriente à distance par des tringles à la Cardan. Le miroir réflecteur en glace argentée a un diamètre de 0^m30, il permet d'éclairer simultanément les deux corps du polyorama, *Fig. 1*..... 250 f. 350

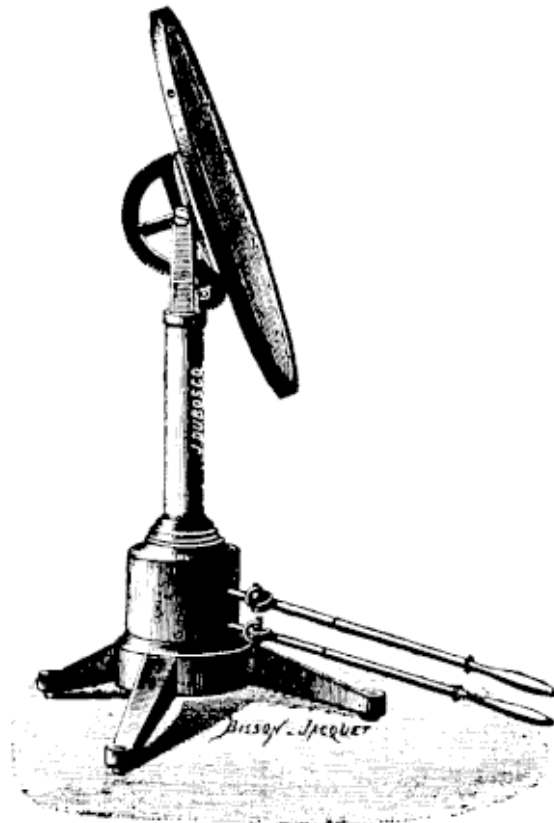


Fig. 1.

- 1 bis **Manchon** portant une glace noire, pour polariser la lumière; s'adapte sur le n° 1..... 25 f. 40
- 1 ter **Manchon** portant un plan parfait d'un diamètre de 0^m20, argenté d'après le système **Foucault** et par les procédés de M. **Ad. Martin**, sert pour les observations spectrales astronomiques.

Il permet d'étudier les phénomènes de protubérance en envoyant dans la fente du spectroscope, soit le centre, soit les bords du soleil.

On se sert pour redresser les images, du prisme redresseur n° 62, *Fig. 22.*

Ce modèle a été construit pour l'*Observatoire de Bruxelles*, en 1880 ; s'adapte sur le n° 1..... 600 f.

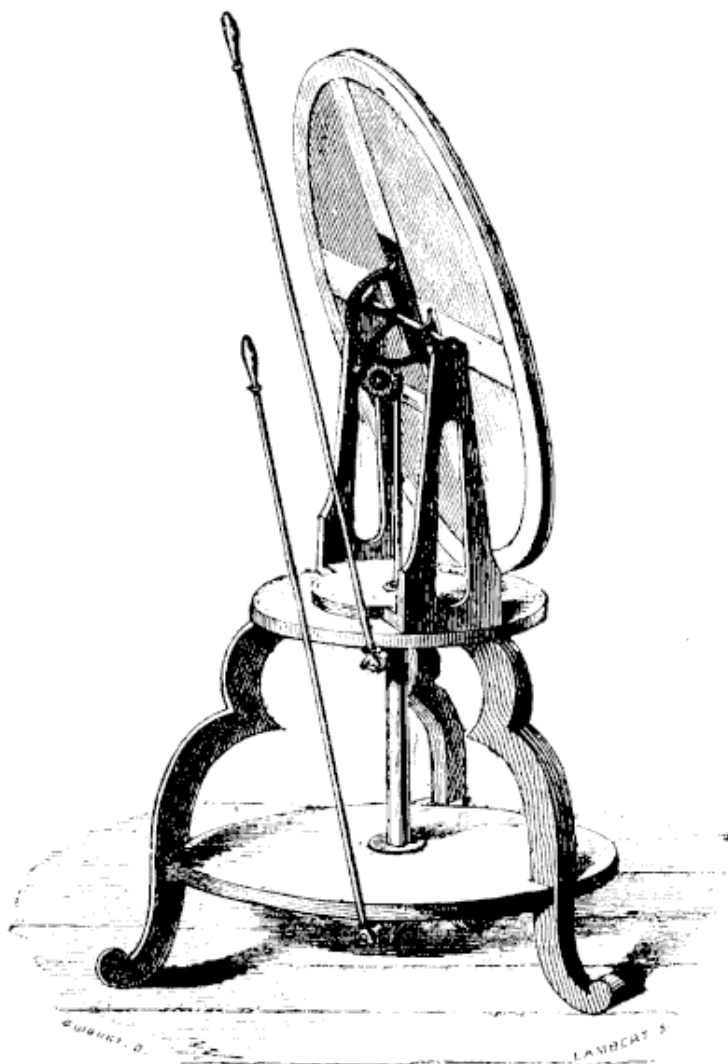


Fig. 2.

- 2 **Porte-lumière solaire, grand modèle**, mêmes dispositions que pour le précédent. Le diamètre du miroir est de 0^m80, *Fig. 2*. Sert pour les grandissements photographiques... 500 f.
- 3 **Nouveau porte-lumière** perfectionné par M. Jules Duboscq.

Ce porte-lumière, imaginé par **Soleil père** et présenté à l'*Académie des Sciences* en 1838, a deux surfaces réfléchissantes, l'une en glace argentée pour la lumière ordinaire, l'autre en obsidienne ou en verre noir pour la lumière polarisée.

L'appareil s'adapte au volet de la chambre noire au moyen d'une monture qui reçoit tous les diaphragmes et appareils de projection.

Ce porte-lumière se meut dans tous les sens au moyen d'un bouton double, imaginé par M. **Jules Duboscq**, en 1854, *Fig. 3.* . . . 225 f.

avec glace non

- 250

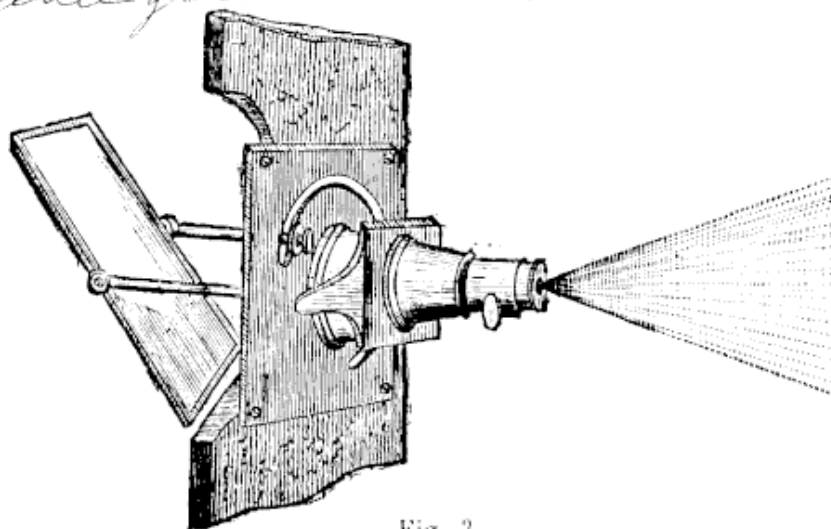


Fig. 3.

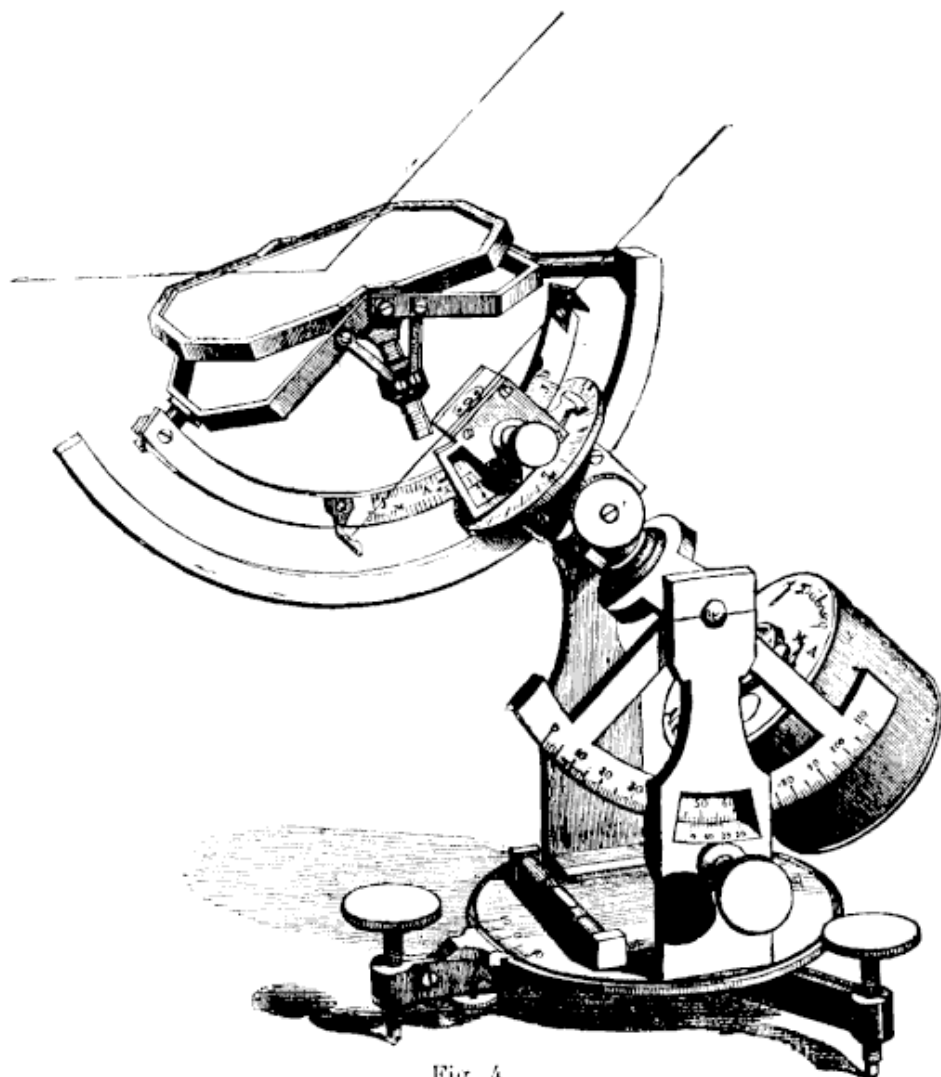


Fig. 4.

- 4 **Héliostat de Silbermann**, donne automatiquement à un faisceau de rayons solaires, une direction constante, pendant

tout le temps que le soleil reste au-dessus de l'horizon. Son orientation est des plus simples; s'adapte à toutes les latitudes.

Le premier appareil a été construit par la Maison, en 1843, et présenté à l'Académie des Sciences le 27 février 1843. Fig. 4.....

900 f. 1000

4 bis Le même, petit modèle..... 600 f.

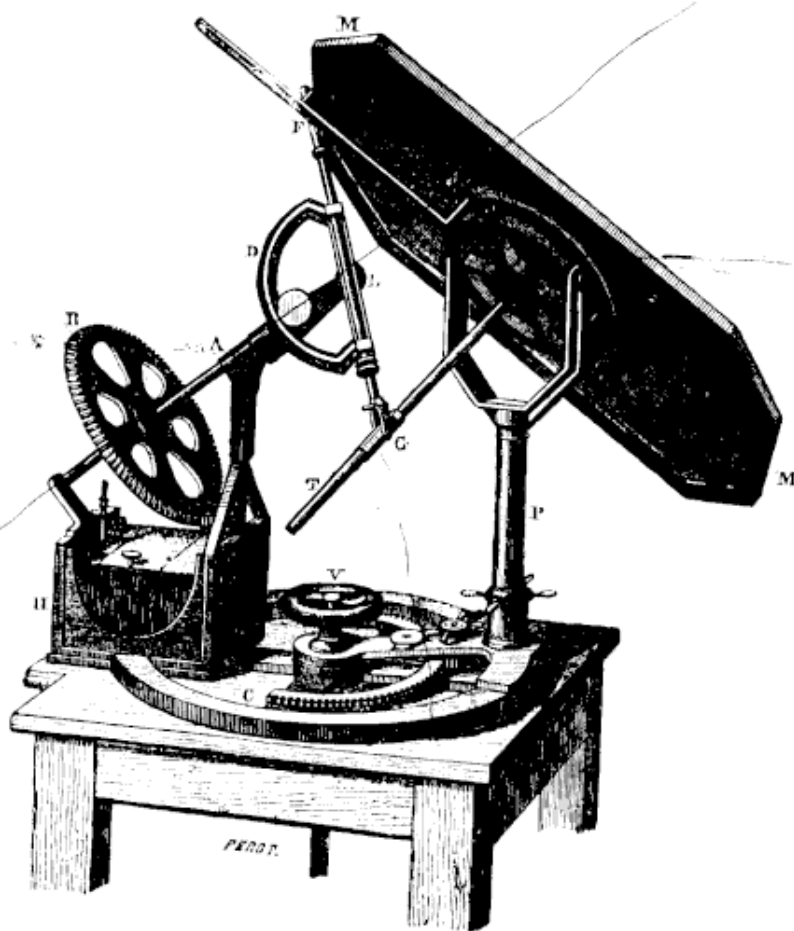


Fig. 5.

5 **Héliostat de Foucault.** Ce modèle porte une glace de 0^m80×0^m40; il est employé surtout pour les grandissements photographiques.

Le premier appareil a été construit par la Maison, sous la direction de Foucault, en 1863. Fig. 5..... 1400 f.

5 bis Le même, petit modèle, glace de 0^m10 sur 0^m30..... 900 f. 1000

Pour la construction des appareils n° 5 et 5 bis, on doit nous donner la latitude du pays où ils doivent fonctionner.

SOURCES LUMINEUSES ARTIFICIELLES

- | | | |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 6 | Lampe carcel , type pour unité photométrique..... | 120 f. |
| 7 | Lampe à huile à courant d'oxygène..... | 25 f. |
| 8 | Lampe à pétrole à courant d'oxygène..... | 25 f. |
| 9 | Lampe à gaz à bec Bengel , montée sur un pied à colonne à hauteur variable..... | 25 f. |
| 10 | Lampe au magnésium à un bec, pour les effets de phosphorescence et fluorescence..... | 50 f. |
- Les n^{os} 6, 7, 8, 9, 10 s'adaptent aux lanternes n^{os} 36, 38.

LUMIÈRE OXYHYDRIQUE DRUMMOND

- 11 **Lampe oxhydrique** à un seul bec pour rendre incandescent un cylindre de chaux, *Fig. 6*..... 60 f.

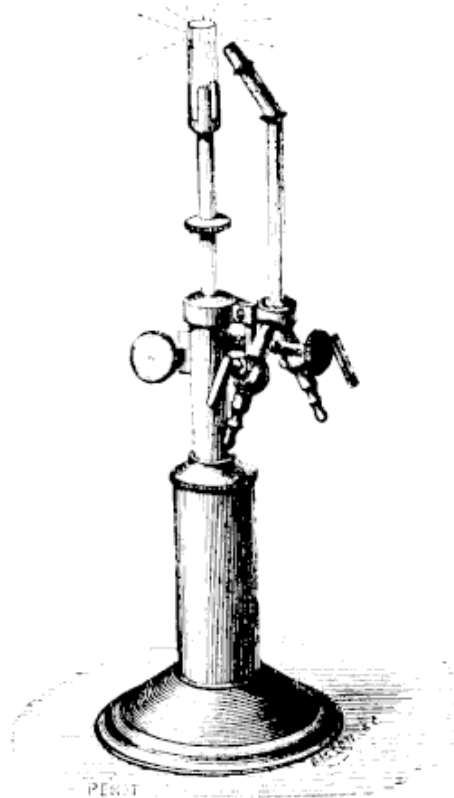


Fig. 6.

- 12 **Lampe oxhydrique double**, permettant d'obtenir deux faisceaux de lumière rectangulaires entre eux ; sert lorsqu'on fait deux projections simultanées. Voir *fig. 14*..... 80 f.
- 12bis **Bec à triple jet**, s'adapte aux lampes n^{os} 11, 12..... 18 f.

MAISON JULES DUBOSCQ, 21, rue de l'Odéon.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

- 12 *ter* **Bec en platine**, sert lorsqu'on emploie de l'hydrogène pur, s'adapte comme le n° 12 *bis*..... 30 f.
- 13 **Robinet de barrage**, système de M. **Terquem**, permettant de diminuer ou d'augmenter instantanément la flamme des n°s 11, 12, sans en changer le réglage..... 30 f.
- 14 **Boîte contenant des bâtons de chaux** pour l'éclairage oxhydrique..... 4 f.

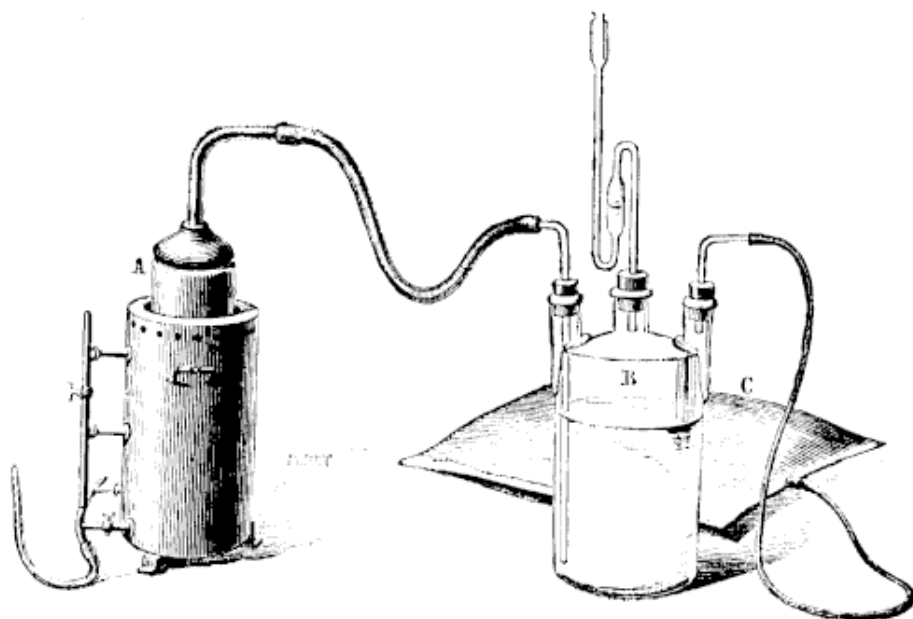


Fig. 7.

- 15 **Appareil complet** pour la fabrication de l'oxygène. Fourneau à gaz, cornue, flacon laveur, sans le sac, *Fig. 7*..... 85 f.
- 16 **Appareil** en plomb pour fabriquer l'hydrogène... .. 100 f.

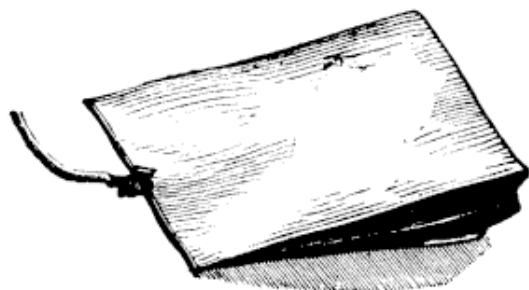


Fig. 8.

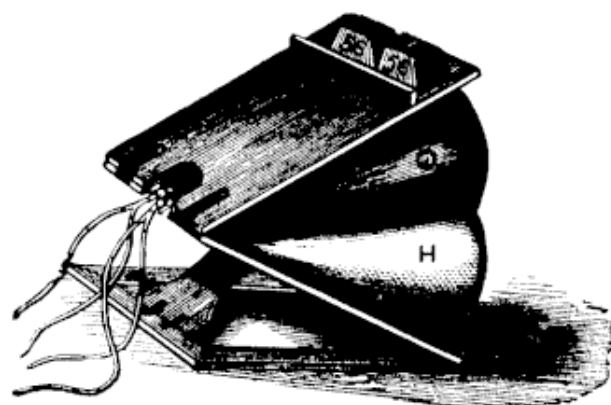


Fig. 8 bis.

- 47 **Sac** en caoutchouc muni d'un robinet, pour l'oxygène, *Fig. 8*..... de 60 à 120 f.
- 17 *bis* **Sac double** avec robinets. *Fig. 8 bis*..... de 120 à 200 f.

- 18 **Système de planches à charnières** pour comprimer les sacs. *Fig. 9*..... 17 f.
 19 **Trois poids en fonte** de 20 kil., les trois 30 f. — 3

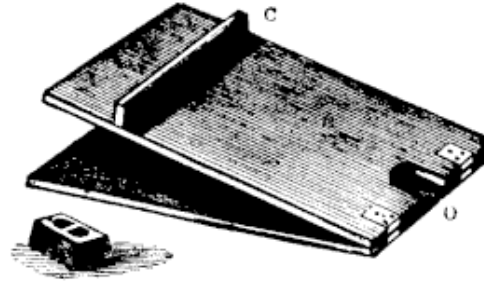


Fig. 9.

- 20 **Tube en caoutchouc.** Le mètre..... 1 f. 50
Gazomètre à cloche avec cuve. — Canalisation pour oxygène — on traite de gré à gré.

LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

L. FOUCAULT est le premier qui, en 1848, eut l'heureuse idée d'employer le courant lui-même pour régulariser l'arc voltaïque, et d'en faire l'application en donnant automatiquement aux charbons un mouvement d'avance; puis, perfectionnant en 1857, il donna aux charbons un mouvement d'avance et de recul. Ph. P.

- 21 **Appareil simple** pour lumière électrique. Dans cet appareil le rapprochement simultané des charbons se fait à la main, au moyen d'une crémaillère. Un mouvement indépendant permet de centrer le point lumineux..... 120 f. — 11
- 21 bis **Le même** avec mouvement indépendant pour chaque charbon. Ces appareils, dont la Maison a fait les premiers modèles, ont été fournis à la Sorbonne et à l'École Polytechnique; s'adaptent aux nos 36 et 38..... 150 f. — 1
- 22 **Régulateur électrique de Jules Duboscq** à point lumineux fixe, donnant une lumière constante. Un mouvement automatique règle l'avance des charbons. Le premier modèle a été fait en 1849. (Voir figure sur la couverture.) S'adapte aux nos 36 et 38..... 250 f. — 3
- 23 **Régulateur électrique de L. Foucault et Jules Duboscq.** Cet appareil possède un mouvement automatique d'avance et de recul des charbons, corrigeant de

- lui-même les plus petites variations de distance des charbons, construit en 1857. S'adapte au n° 36. *Fig. 10*..... 450 f.
- 24 **Régulateur** de lumière électrique de **L. Foucault**, disposé spécialement pour les machines magnéto et dynamo-électriques, à courants alternatifs; employé pour l'éclairage des phares de la marine 800 f.

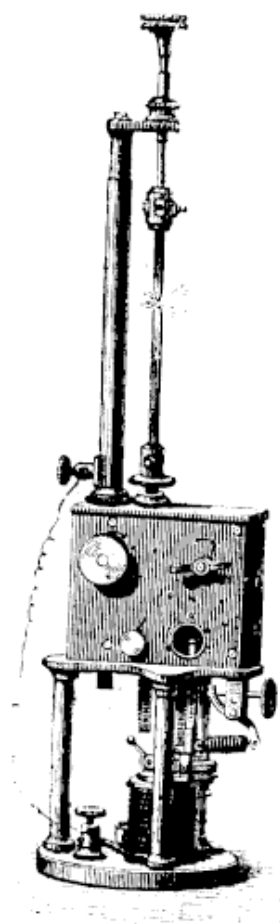


Fig. 10.

- 25 **Appareil de lumière électrique** sous-marin, avec lentilles, réflecteur, permettant de diriger la lumière dans plusieurs directions. Exécuté en 1863..... 1200 f.
- 26 **Pile de Bunsen** de cinquante éléments, grand modèle.... 300 f.
- 27 **Charbon compacte** en baguettes pour les régulateurs de lumière électrique; grosseur de 4 à 25 millimètres, le mètre... 3 f.
- 28 **Commutateur électrique** pour changer à volonté la direction des courants dans les régulateurs..... 30 f.
- 29 **Creuset** en charbon pour la fusion des métaux dans l'arc voltaïque avec sa monture; s'adapte aux nos 21, 21 bis, 22, 23.. 2 f.
- 30 **Porte-creuset revolver**, recevant 5 creusets; s'adapte aux lampes électriques nos 21, 21 bis, 22, 23..... 20 f.

- 31 **Fil conducteur** recouvert de gutta-percha. Le mètre. 1 f. 25
- 32 **Globe dépoli** pour diffuser la lumière électrique et la faire servir à l'éclairage des appartements. 25 f.
- 33 **Réflecteur sphérique concave**, en verre argenté, monté sur un support articulé pour concentrer la lumière, et éclairer vivement une large surface ; donne à volonté des rayons parallèles, divergents ou convergents. *Fig. 11*. 100 f.

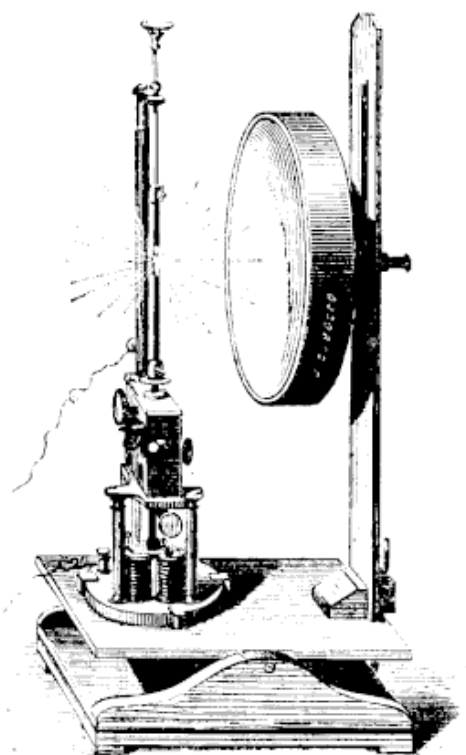


Fig. 11.

- 34 **Réflecteur parabolique**, destiné à rendre parallèles les rayons lumineux et à les projeter à grande distance. 125 f.

MACHINE MAGNÉTO-ÉLECTRIQUE

En 1831 PIRN imagina la première machine magnéto-électrique, en faisant tourner un aimant devant une bobine. CLARKE fit tourner la bobine devant un aimant fixe. En 1850, NOLLET voulant décomposer l'eau, employa plusieurs bobines. En 1856, VAN MALDEREN fit l'application des courants alternatifs à la lumière électrique. Ph. P.

- 35 **Machine magnéto-électrique**. Type exécuté par M. Giraud.

Cette machine de construction métallique est spéciale pour les laboratoires et les cours. Elle est toujours prête à fonctionner

avec courant continu ou alternatif. On obtient avec chacun de ces courants, et à l'aide de la main seule, la lumière à arc avec régulateur, ou incandescences, aimantation, fusion du fer, action magnétique sur les solénoïdes, dépôts galvaniques pour reproduction de médailles. *Fig. 12.* 1100 f.

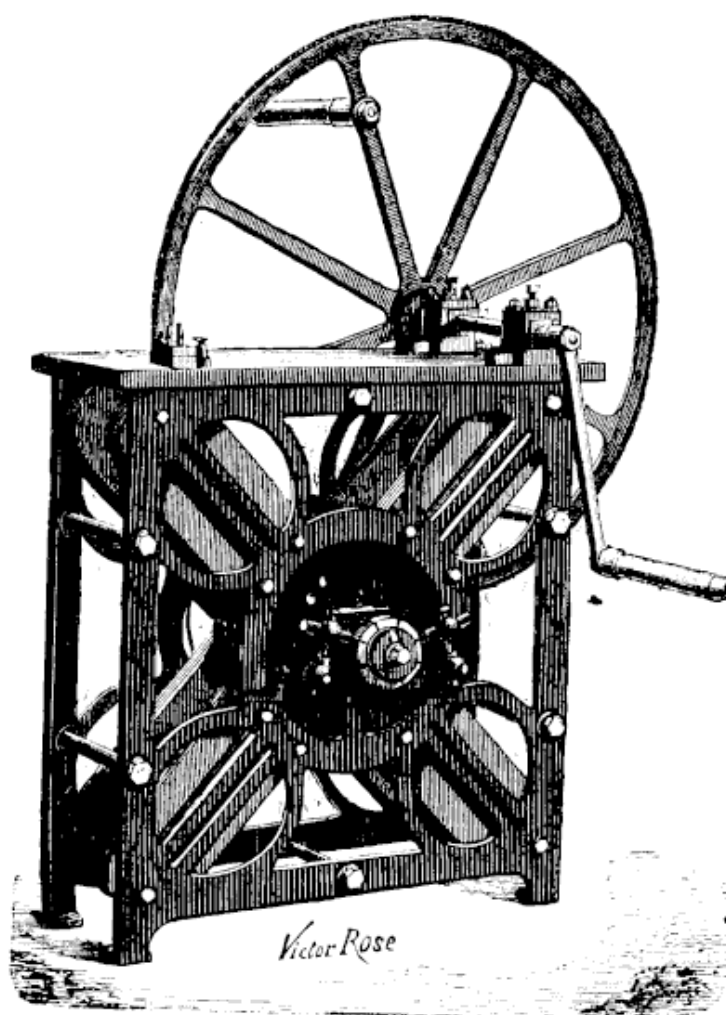


Fig. 12.

LANTERNES

- 36 **Lanterne photogénique** munie d'un système de lentilles éclairantes avec lequel on rend à volonté les rayons divergents, parallèles ou convergents. Elle est destinée à contenir les diverses sources de lumière n^{os} 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 21, 24 bis, 22, 23.

Dans l'intérieur de la lanterne, un miroir argenté fait converger au point lumineux lui-même les rayons émis en arrière de la source lumineuse, ce qui augmente considérablement l'intensité de la lumière ; ce miroir ne s'emploie qu'avec les n^{os} 6, 7, 8, 9.

Le socle de l'appareil est muni de deux boutons, l'un pour centrer la source lumineuse, l'autre pour lever ou incliner la lanterne. La lanterne en cuivre à 4 colonnes et le régulateur électrique en usage dans toutes les Facultés et Établissements d'instruction, ont été créés par la Maison et présentés à l'Académie des Sciences par **Arago** en 1850 ; ils ont obtenu la grande médaille du conseil à l'Exposition de Londres en 1851, ainsi que le polyorama n° 71 pour la projection des photographies doubles..... 250 f.

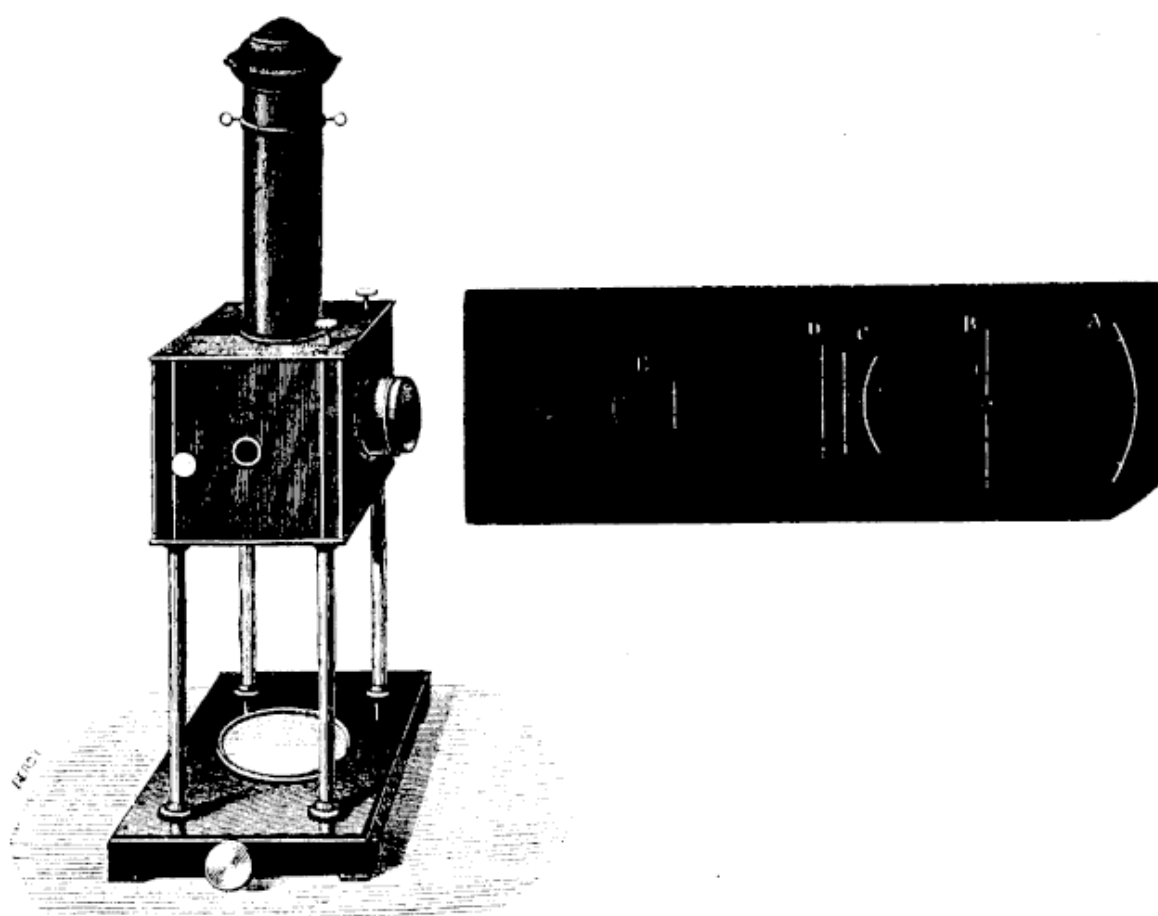


Fig. 13.

36 bis Système de lentilles s'adaptant à la lanterne sur le côté pour deux projections simultanées à angle droit. *Fig. 14.* Dans ce cas on emploie comme source lumineuse les appareils électriques n°s 21, 21 bis, 22, 23, ou la lampe oxhydrique double n° 12..... 30 f.

On ramène les projections parallèles en se servant de l'appareil vertical n° 77.

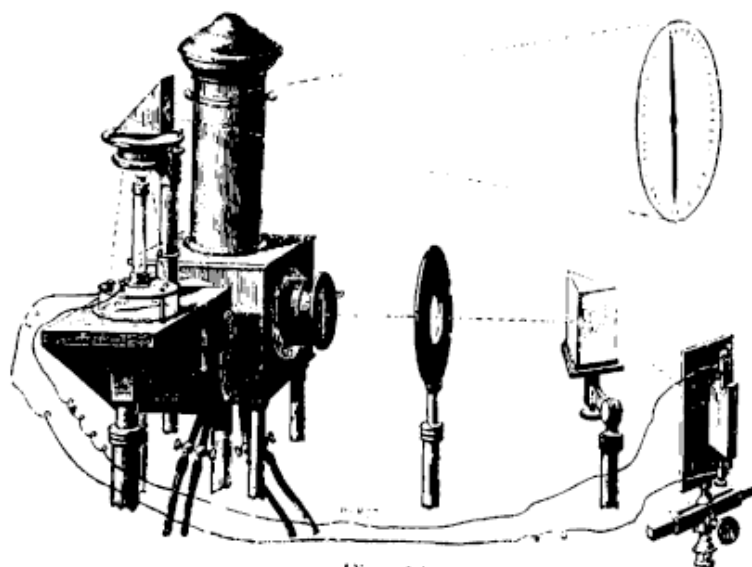


Fig. 14.

36^{ter} **Appareil** contenant une glace inclinée à 45°, s'adaptant au système éclairant n° 36 bis.

Sert quand on veut obtenir deux projections simultanées et parallèles, sans avoir recours à l'appareil vertical..... 45 f.

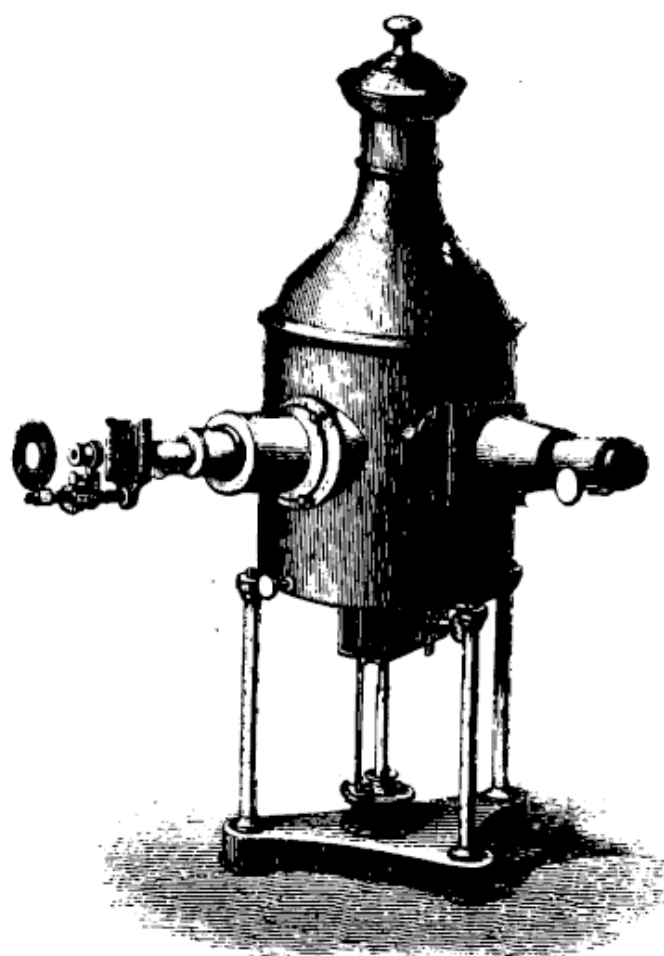


Fig. 15.

37 **Lanterne ronde** avec régulateur fixe pour deux projections simultanées, sans les appareils de projection. Fig. 15..... 750 f.

Ce modèle a été exécuté pour M. **Ed. Becquerel**, pour ses expériences de phosphorescence, en 1851.

- 38 **Lanterne en noyer** blindé en tôle à l'intérieur, plus simple que le n° 36, pouvant recevoir les appareils de projection et les différentes sources lumineuses n°s 6, 7, 8, 9, 10, 11, 21, 21 *bis*, 22, 23. 180 f. —
- 39 **Lanterne scolaire** munie d'un appareil de projection avec lampe oxhydrique et lampe à pétrole — sac à gaz. — Ce modèle ne peut servir qu'aux projections de tableaux transparents, il est destiné spécialement à l'enseignement primaire. . . . 300 f.
- 40 **Lanterne en noyer à bascule**, munie d'une lampe oxhydrique, montée sur un socle à bascule pour l'examen du larynx. Modèle construit pour l'hôpital Bichat, 1880. 250 f.
- Lanterne spéciale** pour microscope photographique. Voir microscopie, n°s 361, 361 *bis*.
- Lanternes diverses.** Voir le catalogue spécial des lanternes et appareils employés pour l'éclairage électrique de la scène de l'Opéra de Paris.

ACCESSOIRES DIVERS

- 41 **Garniture** en cuivre destinée à recevoir les appareils qui doivent être employés pour la projection dans la chambre noire. . . . 25 f.
- 42 **Diaphragme** à plusieurs trous de différentes formes pour montrer que l'image du soleil, reçue à une certaine distance du trou, reste toujours circulaire. S'adapte aux n°s 3 et 41. 45 f. — 2. 50
- 43 **Diaphragme** à trous circulaires de différents diamètres, pouvant s'adapter aux n°s 3, 36, 38, 41. *Fig. 16*. 45 f.



Fig. 16.



Fig. 17.

- 44 **Diaphragme** à ouverture rectiligne variable. Peut donner une fente à bords parallèles, aussi étroite que l'on veut et qui peut s'élargir suffisamment pour les expériences qui exigent le plus de lumière. — Spectroscopie — raies de **Fraunhofer**. S'adapte aux n°s 3, 36, 38, 41. *Fig. 17*. 30 f.

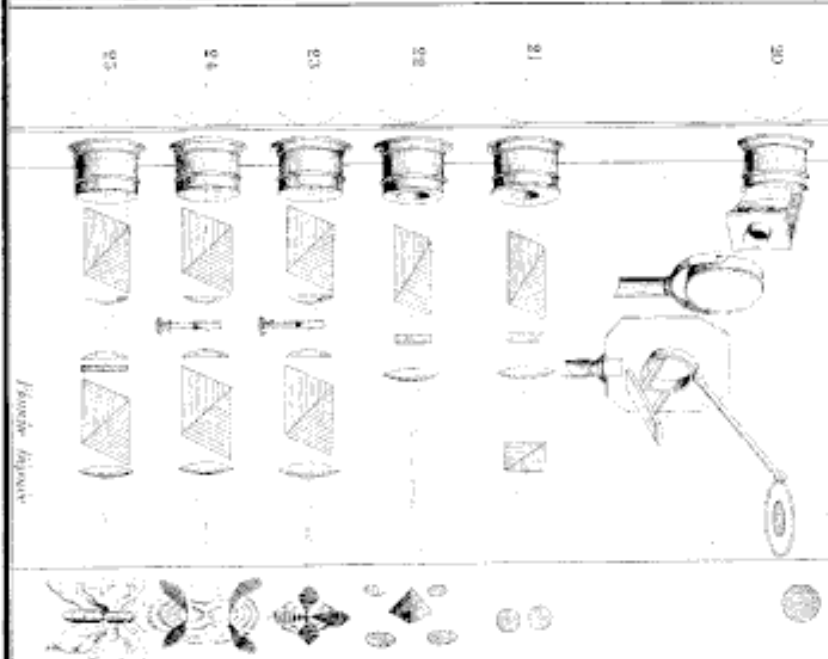
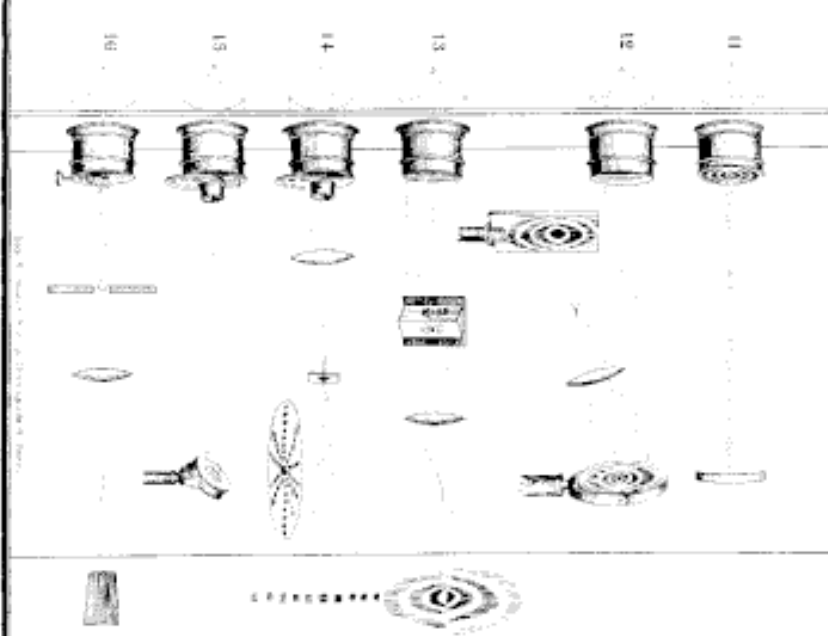
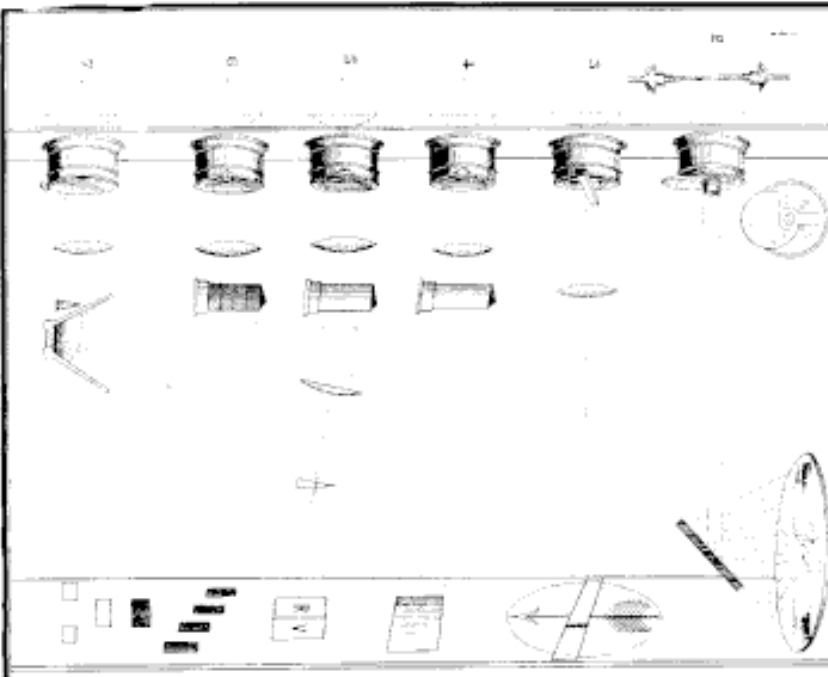
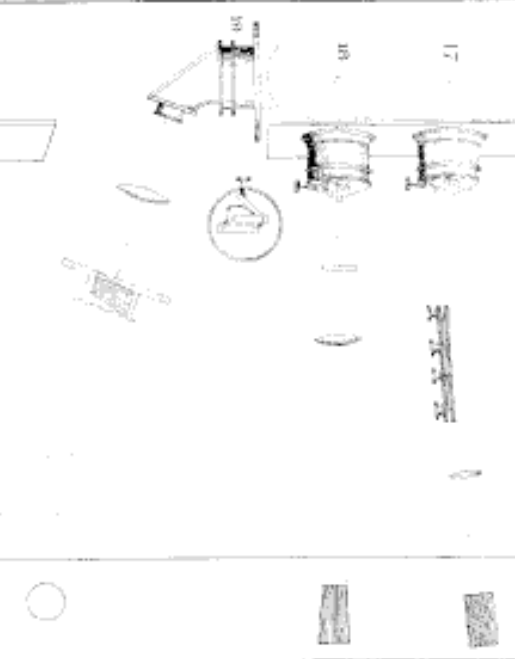
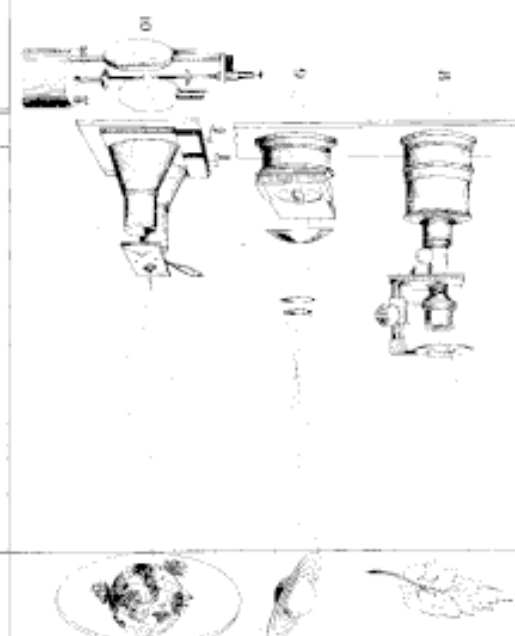
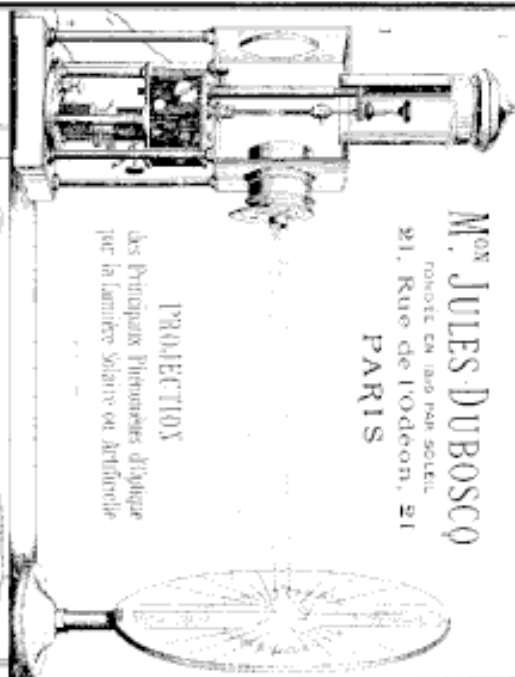
- 45 **Diaphragme** à ouverture rectiligne variable dans le sens de la largeur et de la hauteur, s'adapte aux nos 3, 36, 38, 41..... 40 f.
- 46 **Ouverture rectiligne double et triple** à grand écart pour projeter et superposer deux ou trois spectres avec une même source de lumière, s'adapte aux nos 3, 36, 38, 41... 50 f.
- 47 **Diaphragme** à large ouverture rectiligne, divisée en deux parties, la moitié supérieure est recouverte d'un verre rouge. On montre avec ce diaphragme que la lumière blanche est décomposée par un prisme, tandis que la lumière rouge de la moitié supérieure n'est que déplacée. S'adapte aux nos 3, 36, 38, 41.. 15 f.
- Diaphragme à flèche.** Voir Réfraction n° 164.
- Série de diaphragmes.** Voir Illusions d'optique, n° 380.
- Diaphragme à verre violet.** Voir Fluorescence, n° 216.
- 48 **Support** en acajou à tablette mobile..... 25 f.
- 48 bis **Le même**, avec mouvement de crémaillère..... 40 f.
- 49 **Écran** monté sur pied pour recevoir les images projetées..... 25 f.
- 50 **Écran blanc** pour les projections. Cet écran monté comme un store a 2 mètres sur 2^m 50. On peut le transporter roulé dans son étui..... 55 f.
- 3^m sur 3^m, 100 fr.; 4^m sur 4^m, 150 fr. Les mêmes avec œilletons sans préparation de 25 à 50 .
- Miroirs.** Voir nos 147, 148, 151, 152.
- Lentilles.** Voir nos 241, 242, 245, 248, 249.
- Prismes.** Voir nos 160, 161, 162, 165 à 174.
- 51 **Banc d'optique.** L'ensemble de cet appareil se compose de deux bancs, un de 1^m 80 et un de 1^m, montés tous deux à vis calantes. Ces bancs sont séparés pour donner une plus grande longueur d'observation. Cinq patins surmontés de colonnes avec chariot et vis de serrage; deux de ces patins ont un déplacement horizontal, perpendiculaire au plan de l'axe optique, et un déplacement vertical, au moyen de crémaillères. La partie supérieure des colonnes porte un tourillon pour recevoir toutes les fiches, lentilles, prismes polariseurs — analyseurs — plaques de cristaux, ainsi que tous les appareils du banc de diffraction. Ce modèle a été construit par la Maison pour **L. Foucault** et livré à l'*Observatoire de Paris* en 1858..... 650

Des principales phénomènes d'optique en projection.

- Fig. 1. Lentilles concaves convergentes ou distantes en optique.
Chaque le premier est projection des objets, dans le second
est projection du rayon de lumière. Composition de la lumière collée de la
- Fig. 2. Réflexion. Miroir plan.
- Fig. 3. Réfraction à travers un milieu à faces parallèles.
- Fig. 4. Récomposition de la lumière blanche, prisme.
- Fig. 5. Décomposition de la lumière blanche par une lentille
convexe. Rayons complémentaires.
- Fig. 6. Réflexion.
- Fig. 7. Miroir à angle droit, rétroimage ou image d'un
second miroir, réflexion totale.
- Fig. 8. Réflexion. Miroir à angle droit, rétroimage ou image
de la lumière.
- Fig. 9. Vision de grandissement, lentilles magiques, de miroir
comme le précédent.
- Fig. 10. Réflexion. à une, deux, trois de lumière, projection d'un
image. - effet de jour et de nuit. Lentilles astronomiques.
donne le premier de l'objet par le jeu du diaphragme
à cet effet.
- Fig. 11. Lentilles concaves et convexes, miroir concave, image
de la face convexe.
- Fig. 12. Expérience de Newton, lentilles colorées à un, deux, trois
réflexion.
- Fig. 13. Lentilles colorées à un, deux, trois, image
partielle de son image, dont l'angle de réflexion est moyen
entre le point et le rayon, miroir de la face à la lentille.
- Fig. 14. Lentilles colorées à un, deux, trois, image
partielle de son image, dont l'angle de réflexion est moyen
entre le point et le rayon, miroir de la face à la lentille.
- Fig. 15. Lentilles de Newton.
- Fig. 16. Lentilles, expérience de Newton.
- Fig. 17. Lentilles, Miroir de Newton.
- Fig. 18. Lentilles, Réflexion.
- Fig. 19. Lentilles, image partielle par une face, miroir d'angle droit, image
l'angle partiel, miroir de rayon et de la face à la lentille.
- Fig. 20. Expérience de Newton, lentilles, image partielle
partielle, image partielle.
- Fig. 21. Expérience de la double réflexion, lentilles, image partielle
image, image partielle, image partielle, image partielle, image partielle.
- Fig. 22. Lentilles, image partielle, image partielle, image partielle, image partielle, image partielle.
- Fig. 23. Lentilles, image partielle, image partielle, image partielle, image partielle, image partielle.
- Fig. 24. Lentilles, image partielle, image partielle, image partielle, image partielle, image partielle.
- Fig. 25. Lentilles, image partielle, image partielle, image partielle, image partielle, image partielle.

M^{ON} JULES DUBOSCQ
 FONDEUR EN 1840 POUR SOLEIL
 21, Rue de l'Odéon, 21
 PARIS

PROJECTIOX
 des Principaux Pictogrammes d'optique
 par la lumière solaire ou artificielle



CHAPITRE II.

APPAREILS DE PROJECTION

- 52 **Microscope solaire.** Se monte sur le porte-lumière solaire n° 3, sur la garniture n° 41, sur la partie éclairante des lanternes n°s 36, 38, des lampes oxhydrique ou électrique.

Cet appareil porte un jeu de lentilles achromatiques à court foyer.

Fig. 18..... 150 f.

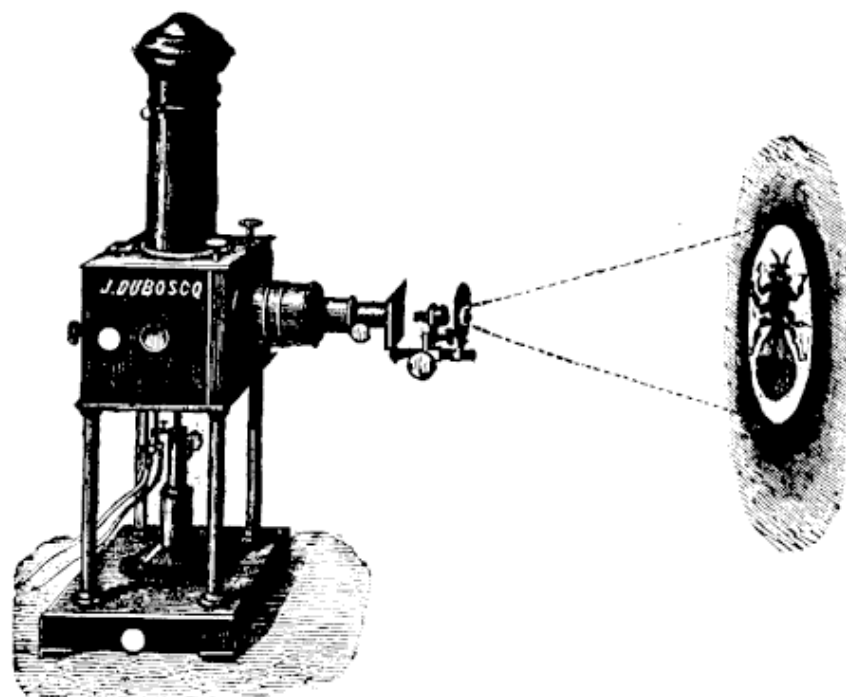


Fig. 18.

- 52 bis **Support de microscope** avec lentilles éclairantes et cuve à alun pour empêcher les effets calorifiques..... 40 f.
- 52 ter **Cuve à alun**..... 20 f.
- 53 **Microscope solaire** avec dispositif pour le placer **verticalement** et cuve à alun.
A été exécuté pour le cabinet de physique de M. Coullier, professeur à l'Ecole d'application de médecine et de pharmacie militaire du Val de Grâce, 1854; pour M. Damaschino, École de Médecine, 1884.
S'adapte comme le n° 52..... 320 f.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Fig. 19.

Projection des Dépêches microscopiques, 1870-1871.

ACCESSOIRES DU MICROSCOPE

54	Bolte d'objets microscopiques transparents de.....	15 à	50 f.
55	Appareil pour tétard et chara.....		25 f.
56	Porte-liquide à deux trous.....		4 f.
57	Porte-liquide à quatre compartiments.....		5 f.
58	Cuves avec électrodes en platine pour la projection des phénomènes électro-chimiques et notamment de l'arbre de Saturne, la pièce.....		12 f.
59	Petite cuve pour faire voir les anguillules du vinaigre.....		5 f.

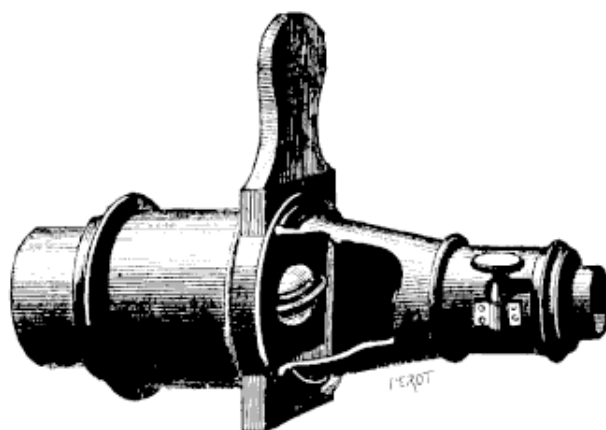
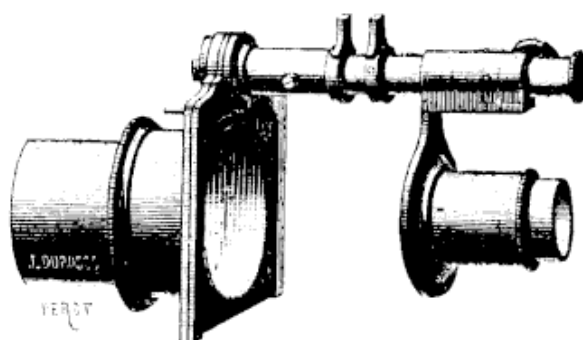


Fig. 20.

- 60 **Appareil simple** pour projeter les épreuves photographiques; le cône contient un système de lentilles achromatiques. S'adapte aux nos 36, 38. Fig. 20 120 f.— / 3 v

- 61 **Appareil de projection perfectionné de J. Duboscq.** Dans cet appareil l'objectif et l'oculaire sont séparés, ce qui permet de projeter tous les corps tels que thermomètres, divers petits modèles ; phénomènes de capillarité ; s'adapte aux nos 36, 33. *Fig. 21*..... 200 f.
- 61 bis **Le même avec grossissement variable**..... 250 f.



Colinéarité par Charni, Fig. 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100.

- 62 **Prisme redresseur**, servant à faire voir en projection les objets dans leur vrai sens ; a été imaginé par la Maison pour la projection des phénomènes de capillarité ; Cours de M. **Ed. Becquerel** au Conservatoire des Arts et Métiers, en 1853 ; Cours de M. **Desains** à la Sorbonne ; voir la Note de M. **Bertin** dans le *Journal de physique*, tome VIII, année 1879. *Fig. 22*.

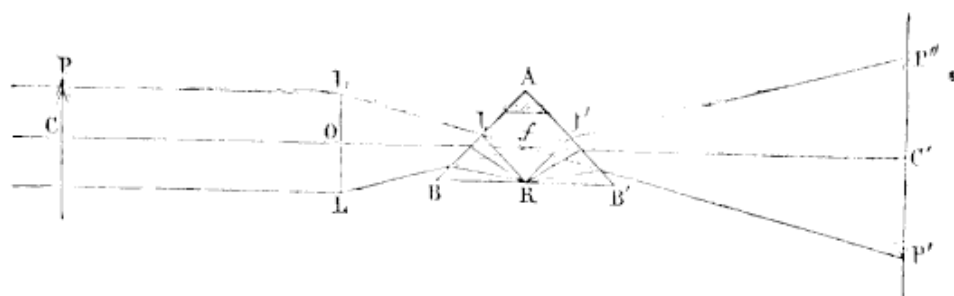


Fig. 22.

- 63 **Pièce additionnelle** à adapter aux nos 60, 61, pour se servir de la lumière solaire..... 45 f.
- Avec cette pièce les appareils nos 60, 61, peuvent s'adapter aux nos 3, 41.

ACCESSOIRES DES APPAREILS DE PROJECTION

- 64 **Cadre** en acajou pour maintenir les épreuves photographiques. 4 f.
- 65 **Collection photographique** de vues de France et d'Algérie, de l'Étranger; appareils de physique et mécanique, histoire naturelle, globules du sang humain, de triton, stellien, carpe, tortue, grenouille, caïman. Cette collection des globules du sang a été faite par M. **Jules Duboscq**, en 1853.
Objets microscopiques grossis, astronomie, géologie, physiologie, la pièce.....de 1 fr. 50 à 3 f.
Nous avons un catalogue spécial pour cette collection.
- 65 bis **La même** en photographies coloriées..... de 4 fr. à 8 f.
Photographies coloriées des spectres, normal, stellaire, métalliques, voir nos 203, 204, 205.
- 66 **Collection** de neuf tableaux peints sur verre, avec dispositions mécaniques, permettant de représenter le système solaire, les mouvements de la terre, les mouvements de la lune, les marées, la sphéricité de la terre, le mouvement rétrograde de Vénus, la rotation de la terre sur son axe, les éclipses, une comète décrivant une ellipse..... 150 f.
- 67 **Collection** de trente-deux tableaux astronomiques, non mécaniques..... 150 f.
- 68 **Collection** de quarante-six tableaux géologiques..... 300 f.
- 69 **Collection** de tableaux mécaniques pour lanterne magique, la pièce.....de 3 fr. à 8 f.
- Chromatropes, Roues de Faraday, Disque de Newton.** Voir illusions d'optique, nos 374, 375, 377.
- Appareil Boutigny.** Voir n° 424.
- 70 **Appareil du docteur Calliburecs** pour montrer en projection les mouvements des cils vibratiles épithéliales; leur accélération ou leur ralentissement sous l'influence des divers agents physiques et chimiques.
Appareil présenté à la Société de Physique le 4 juillet 1884..... 80 f.
-
- 71 **Polyorama.** Cet appareil se compose de deux systèmes éclairants, légèrement convergents, ayant chacun un système lentillaire, donnant deux faisceaux lumineux partant d'une même source.

Deux glaces métalliques se fixent à l'intérieur de la lanterne pour renvoyer la lumière dans les axes du polyorama.

Cet appareil peut servir à la démonstration de la photométrie en projection.

- Se place sur la lanterne n° 36 et sur la garniture n° 41..... 250 f. *3 c.*
- 72 **Tableaux accouplés** pour polyorama. Chaque tableau de..... 5 à 8 f.
- 73 **Mégascope**, assemblage de lentilles achromatiques, réunies dans un tube, qui s'adapte sur un des côtés de l'appareil polyoramique pour répéter les expériences du physicien **Charles**, inventeur du mégascope; s'adapte à la chambre noire, ou à la lanterne n° 36..... 120 f.
- 74 **Appareil** pour projeter les corps opaques; est employé dans les aciéries, pour observer la structure de l'acier; se monte sur la lanterne n° 36..... 90 f. *100 /*

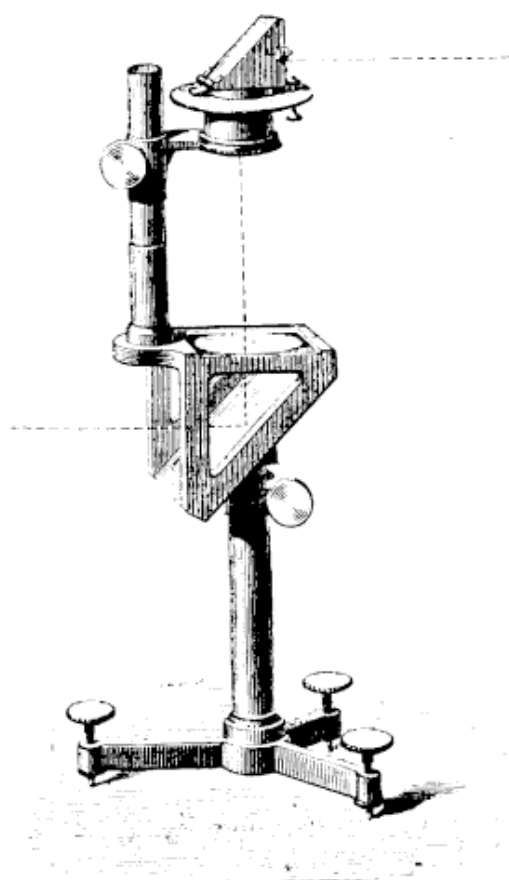


Fig. 23.

- 75 **Phénakistiscope** de projection, à images transparentes, se place devant la lanterne n° 36 (**modèle perfectionné**). (illusions d'optique)..... 260 f.

- 76 **Chaque tableau** peint sur verre..... 20 f.
Kaléïdoscope de projection. Voir n° 149.
-
- 77 **Appareil à projection verticale de Jules Duboscq** pour les corps transparents liquides ou solides, placés horizontalement. *Fig. 23.*
 Cet appareil, créé par la Maison, a été exécuté pour le cours de M. Ed. Becquerel au *Conservatoire des Arts et Métiers*, en 1853, et présenté à la Société de Physique, en 1866..... 250 f. *Fig.*
 77 bis **Objectif achromatique** pour varier les grossissements 25 f.

ACCESSOIRES DE L'APPAREIL VERTICAL

- 78 **Barreau aimanté** monté sur lame de verre..... 10 f.
 79 **Deux barreaux** aimantés parallèles; on peut mettre à volonté en regard les pôles de même sens ou de sens contraire. 15 f.
 80 **Cadran** à aiguille aimantée..... 18 f.
 81 **Électro-aimant** pour montrer en projection l'attraction d'un cylindre de fer doux..... 25 f.
 82 **Appareil d'OErsted** montrant la loi des courants sur une aiguille aimantée..... 25 f.

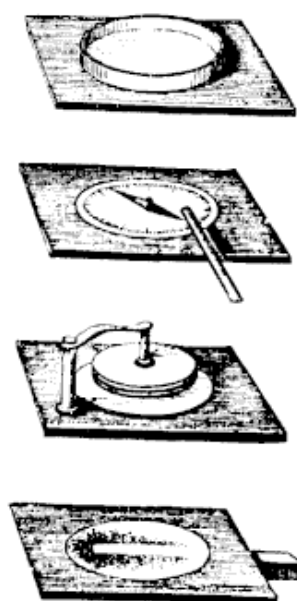


Fig. 24.

- 83 **Galvanomètre de projection**, permettant de montrer en projection la présence d'un courant thermo-électrique ou hydro-électrique.

Cet appareil possède également un pied à vis calantes pour les expériences directes. *Fig. 25* et 26.

Ce galvanomètre, imaginé par M. **Jules Duboscq**, a été présenté à la Société de physique, le 6 janvier 1876..... 150 f.—

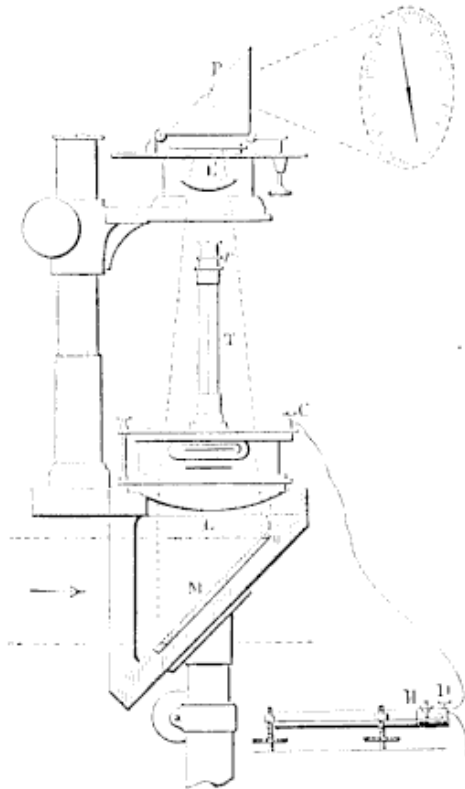


Fig. 25.

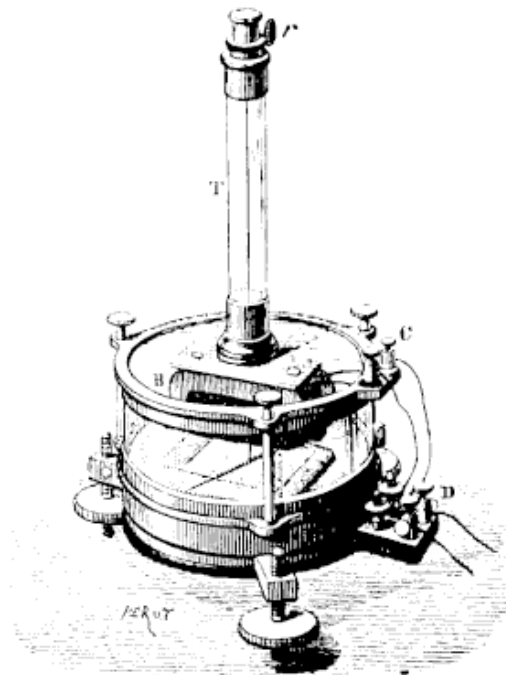


Fig. 26.

- | | | |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 84 | Cuve simple en verre pour recevoir les liquides..... | 15 f. |
| 85 | Cuve à décomposition avec électrodes en platine pour les réactions chimiques et la théorie de la galvanoplastie..... | 30 f. |
| 86 | Cuve à aimant central pour la rotation électro-magnétique des liquides. Expérience de M. Bertin | 45 f. |
| 87 | Cuve à aimants flottants symétriques. Expérience de M. Mayer | 45 f. |
| 88 | Appareil de M. Bertin pour la rotation électro-magnétique des liquides dans les aimants creux. Voir le compte-rendu de la Société de physique, 5 avril 1878..... | 150 f. |
| 89 | Appareil pour montrer en projection les expériences d' Arago sur le magnétisme de rotation. <i>Fig. 27</i> | 170 f. |
| 90 | Appareil pour montrer divers phénomènes d'optique, démonstration des effets de la persistance des impressions sur la rétine. Mélange des couleurs, contrastes, couleurs complémentaires. Disque de Newton. (Illusions d'optique)..... | 65 f. |

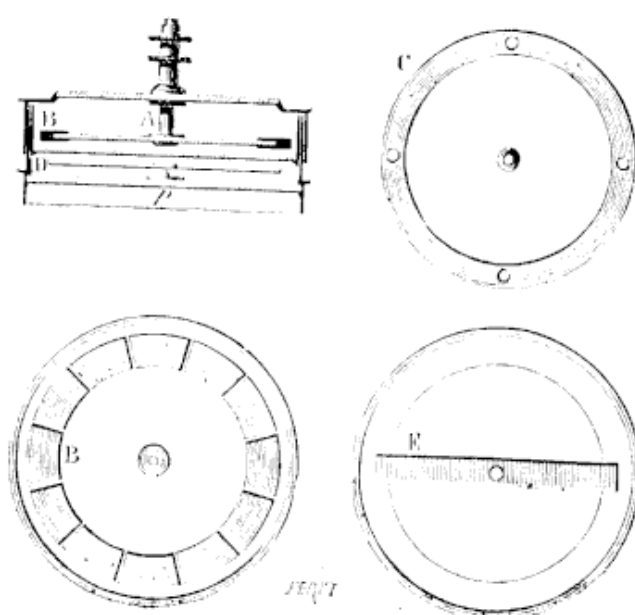


Fig. 27.

- 91 **Appareil** pour montrer en projection la propagation des ondes
à la surface du mercure. *Fig. 28.*..... 150 f.

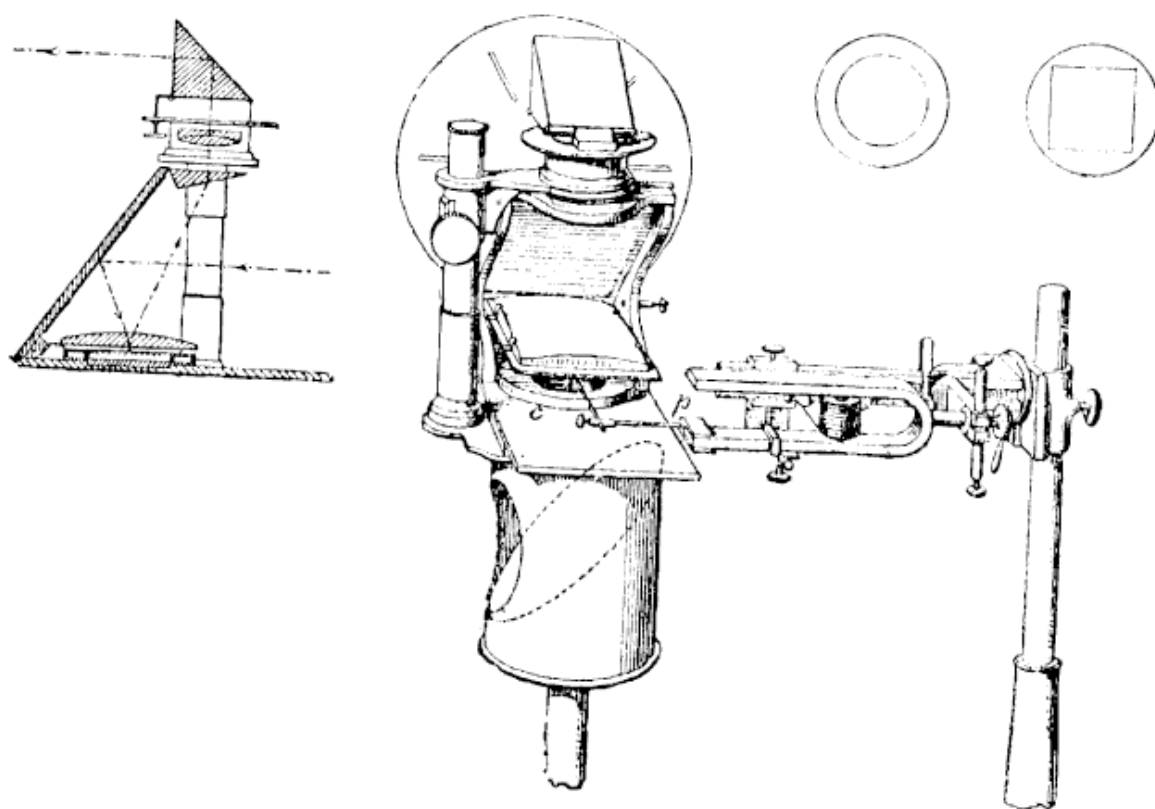


Fig. 28.

- 92 **Appareil de M. le Docteur Gariel** pour montrer
en projection la dilatation des gaz..... 20 f.

93	Radioscope de M. J. Violle pour montrer en projection les effets des rayons calorifiques, avec verres de couleur et cuve à alun pour absorption.....	40 f.
94	Plaques de Chaldni en glace, pour projeter les lignes nodales.....	20 f.
95	Série de tableaux pour montrer en projection les lignes de Zollner. (Illusions d'optique).....	20 f.
96	Pyromètre pour montrer en projection la dilatation des métaux sous l'influence de la chaleur, avec cadran divisé. -	
	Nouvel appareil perfectionné.....	90 f.

130



CHAPITRE III.

PHOTOMÉTRIE, MESURE DES INTENSITÉS

L'intensité de la lumière émanant d'un point et reçue par une surface, varie en raison inverse du carré des distances.

Le principe de cette loi a été établi par **Képler**.

Les premières recherches sur la comparaison des intensités lumineuses ont été faites par **Maurolicus**, **Huygens**, le Capucin **François Marie**.

On appelle *Photomètres* des instruments destinés à comparer les intensités lumineuses des diverses sources de lumière.

Les unités adoptées sont les suivantes :

En France, d'après **FRESNEL**, l'unité d'intensité est celle fournie par une lampe Carcel brûlant à l'heure 42 grammes d'huile de colza épurée, avec une hauteur de flamme de 35 millimètres et 15 millimètres de largeur.

En Angleterre, celle d'une bougie de blanc de baleine, brûlant 7 grammes 77 par heure, avec une flamme de 45 millimètres.

En Allemagne, celle d'une bougie de paraffine de 0,02 de diamètre et brûlant avec une flamme de 5 millimètres.

L'unité française vaut 7.4 unités anglaises et 7.6 unités allemandes.

L'unité étalon ou unité absolue proposée par M. J. VIOLLE et adoptée par le Congrès en 1884, est la radiation émise normalement par une surface de un centimètre carré de platine fondant.

Elle est sensiblement par centimètre carré 41 fois celle de la lampe Carcel; le chiffre exact est 10.92.

Deux catégories de Photomètres. — *Dans la première catégorie*, on égalise les intensités des lumières sans se préoccuper de l'erreur que peuvent produire les teintes différentes de ces lumières, soit en faisant varier les distances des sources lumineuses : Photomètres **BUSSEX**, **FOUCAULT**; soit en faisant varier les sections de passage de la lumière : Photomètre de M. **CORNU**.

L'emploi des verres de couleurs qui a été souvent proposé pour égaliser la teinte des lumières à comparer, introduit de nouvelles sources d'erreur dans les évaluations et peut conduire à des résultats tout à fait erronés.

Dans la seconde catégorie, la lumière polarisée se prêtant à une extinction graduelle, on utilise cette propriété, pour n'avoir pas à déplacer les sources de lumière.

Les appareils imaginés à cet effet par **ARAGO** reposent sur la loi de **MALUS**. Les deux faisceaux à comparer, polarisés à angle droit, sont reçus sur un analyseur que l'on fait tourner jusqu'à ce que les deux images données par l'appareil paraissent égales.

α étant l'azimuth des sections principales, II' les intensités originelles des faisceaux,

$$\text{on a } \frac{I}{I'} = \cos^2 \alpha$$

Pour constater l'égalité des deux images on peut soit les amener au contact et les comparer directement : Photomètres d'ARAGO, de BABINET ; soit les faire empiéter l'une sur l'autre et juger de leur égalité par la disparition des franges d'interférences provoquées sur leur trajet : Photomètres de MM. WILD, JAMIN, TRAXNIN.

Dans tous ces photomètres on compare toujours entre eux des mélanges de lumières simples en proportions quelque fois très différentes, ce qui rend les comparaisons fort difficiles et les mesures fort incertaines.

En 1850 M. le Professeur G. GOVI eut le premier l'idée d'analyser par un prisme et par un réseau les lumières à mesurer et de ne comparer ainsi que des parties correspondantes du spectre de chaque lumière. Il se servait alors d'une espèce de Photomètre de RITCHIE construit par la maison, au dessus du quel on avait placé un prisme en flint, pour décomposer la lumière des deux sources.

Ce photomètre fut essayé à la Sorbonne dans le laboratoire de M. DESPRETZ, qui au nom de M. GOVI se chargea de le présenter à l'Académie des Sciences, le 16 janvier 1860.

Dans sa description M. GOVI indique déjà à cette date l'emploi des appareils polariseurs avec les quels on a composé des appareils beaucoup plus précis et désignés sous le nom de *Spectrophotomètres*, MM. GOVI, CROVA, VIOLE.

M. VIERORDT s'est servi en 1874 du principe de la décomposition proposé par M. GOVI, en faisant varier les intensités lumineuses par des variations de largeur de la fente d'admission.

Ph. P.

PREMIÈRE CATÉGORIE

- | | | | |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----|
| 97 | Photomètre de L. Foucault. Cet appareil fondé sur la comparaison de l'intensité des pénombres, jouit d'une extrême sensibilité par suite de l'emploi d'un écran spécial et de la facilité qu'on a de rapprocher les pénombres l'une de l'autre jusqu'au contact..... | 45 f. | |
| 97 bis | Le même avec mouvement à crémaillère..... | 55 f. | 60 |
| 97 ter | Le même monté sur pied avec règles divisées..... | 80 f. | 100 |
| 98 | Photomètre de Bunsen , se transformant en photomètre Rumford ; fondé sur la disparition d'une tache translucide, faite sur un écran, lorsque les deux faces de l'écran sont également éclairées par les deux lumières dont on veut comparer les intensités..... | 35 f. | |
| 98 bis | Le même, grand modèle , monté sur règle divisée de 1 ^m 50..... | 150 f. | |
| 99 | Photomètre d'Edge.
Même principe que le précédent, seulement on regarde simultanément les deux faces de la tache..... | 75 f. | |

- 100 **Photomètre Bouguer.** Avec cet appareil on mesure les intensités lumineuses des deux lumières, par l'égalité d'éclairement de deux surfaces juxtaposées..... 43 f.
- 101 **Photomètre de Wheatstone.** Cet instrument, fondé sur la persistance des impressions sur la rétine, montre étalés en longs rubans ou en courbes fermées, des points éclairants dont il permet de comparer les intensités ; il est très pratique, s'emploie en plein jour pour mesurer le pouvoir éclairant du gaz... 35 f.
- 102 **Photomètre de M. Cornu.** Cet appareil est basé sur la propriété suivante des lentilles : L'image focale est comme forme indépendante de la grandeur et de la forme de l'ouverture de la lentille, et comme intensité proportionnelle à la surface de cette ouverture.
Construit pour M. **Cornu** et présenté à la séance de la Société de physique, le 18 mars 1881..... 250 f.
- 103 **Photomètre de M. J. Violle.** Cet appareil permet, par un dispositif de deux prismes de même angle et de même matière, travaillés ensemble, de comparer entre elles, deux sources de lumière, placées à 180° l'une de l'autre, ou chacune de ces deux sources avec un bain de platine placé horizontalement à 90°. Les pénombres obtenues sont ramenées au contact pour leur comparaison. Construit en 1884 Appareil complet..... 270 f.
- 104 **Photoptomètre du docteur Parinaud,** modèle construit en 1883, et employé à l'hôpital de la Salpêtrière..... 400 f.
Cet appareil est destiné à déterminer la *Sensibilité visuelle* : 1° pour la *lumière*, par les variations d'intensité de la surface lumineuse, par la comparaison d'intensités différentes ; 2° pour les *couleurs* par les variations de l'intensité ou de la saturation de la couleur ; 3° pour les *formes* par les variations de l'intensité lumineuse de caractères d'imprimerie.
Accessoires..... 100 f.
- 105 **Lunette de M. Crova.** Se place sur tous les photomètres et permet d'avoir toutes les teintes..... 100 f.
- 105 bis **Lactoscope du docteur Domé.** Voir appareils divers, n° 411.

DEUXIÈME CATÉGORIE

- 106 **Photomètre Babinet,** perfectionné par **Soleil père** et **Jules Duboscq.** Ce photomètre est fondé sur la polarisation de la lumière. Les deux sources dont on veut comparer les intensités envoient leurs rayons sur une pile de glaces inclinée sous l'angle de polarisation.

- L'œil reçoit simultanément la lumière de l'une des sources après qu'elle a traversé la pile de glaces et la lumière de l'autre après en avoir été réfléchi. Une plaque de cristal de roche à une ou deux rotations et un prisme de **Nicol** servant à analyser le faisceau mixte et à reconnaître l'égalité ou la différence d'intensité des faisceaux composants..... 200 f.
- 107 **Photomètre de M. Ed. Becquerel.** Cet appareil est fondé sur l'extinction graduelle de la lumière polarisée. Le premier appareil a été construit par la maison sur les indications de **M. Ed. Becquerel**, pour le Conservatoire des arts et métiers, en 1851..... 500 f.
- 108 **Spectrophotomètre de M. G. Govi.** Cet appareil se compose d'un polariseur destiné à polariser dans deux plans perpendiculaires entre eux, la lumière des deux sources; d'un prisme à vision directe ou d'un réseau; et d'un appareil analyseur destiné à ramener à l'égalité les parties correspondantes des deux spectres..... 1000 f.
- 109 **Spectrophotomètre de M. Crova.** Cet appareil que la maison a construit pour **M. Crova** en 1880, se compose essentiellement d'un spectroscopie à vision directe avec un prisme d'**Amici** à très grande dispersion. Au foyer de l'oculaire une fente rectiligne variable de largeur. La fente rectiligne que porte le collimateur reçoit directement dans sa partie supérieure la lumière fournie par une source lumineuse et dans la moitié inférieure la lumière fournie par une seconde source de lumière placée à 90° après qu'elle a traversé un polariseur et un analyseur. Un prisme à réflexion totale double renvoie ce faisceau dans le corps de l'appareil. Ces deux faisceaux traversent le prisme et donnent deux spectres superposés et parfaitement au contact. On peut donc facilement évaluer en degrés de polarisation l'absorption qu'une substance placée dans le faisceau direct fait éprouver à une couleur. Le degré de polarisation est mesuré sur un cercle divisé au moyen d'une alidade avec vernier..... 600 f.
- 110 **Spectrophotomètre de M. J. Violle.** Cet appareil que la maison a construit pour **M. J. Violle**, en 1880, se compose d'un banc d'optique sur lequel sont montés, indépendants les uns des autres, un collimateur dont la fente verticale reçoit sur chacune de ses moitiés l'un des faisceaux à étudier; un

Nicol à faces normales placé au centre d'un cercle gradué permettant de mesurer sa rotation; un Wollaston à arête réfringente horizontale; un polariscope formé d'une lame de quartz un peu épaisse, parallèle à l'axe, et d'un Nicol à faces normales, enfin un prisme d'**Amici** et une lunette oculaire.

Le Wollaston donne deux images de chacune des moitiés de la fente; l'image ordinaire de l'une des moitiés se superpose en partie à l'image extraordinaire de l'autre moitié.

Ces deux images superposées, polarisées à angle droit, tombant sur le polariscope donnent après leur passage à travers le prisme un spectre doublement cannelé (**franges de Fizeau** et **Foucault**), les cannelures disparaissent dans la région observée, quand les deux faisceaux superposés sont amenés à l'égalité dans cette région du spectre par une rotation convenable α du polariseur..... 1000 f.

MESURE DES INTENSITÉS

- 111 **Cyanopolarimètre d'Arago**. Appareil destiné à mesurer l'intensité variable de la couleur bleue du ciel. *Fig. 29*.... 320 f. *J. G.*

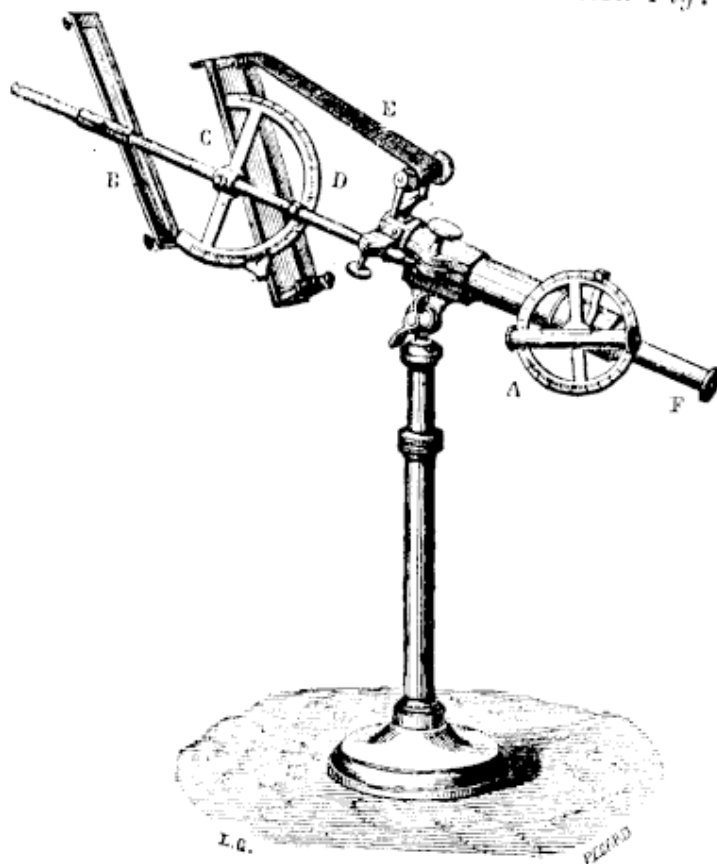
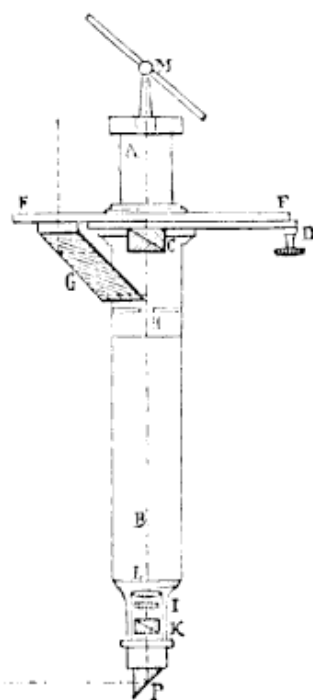
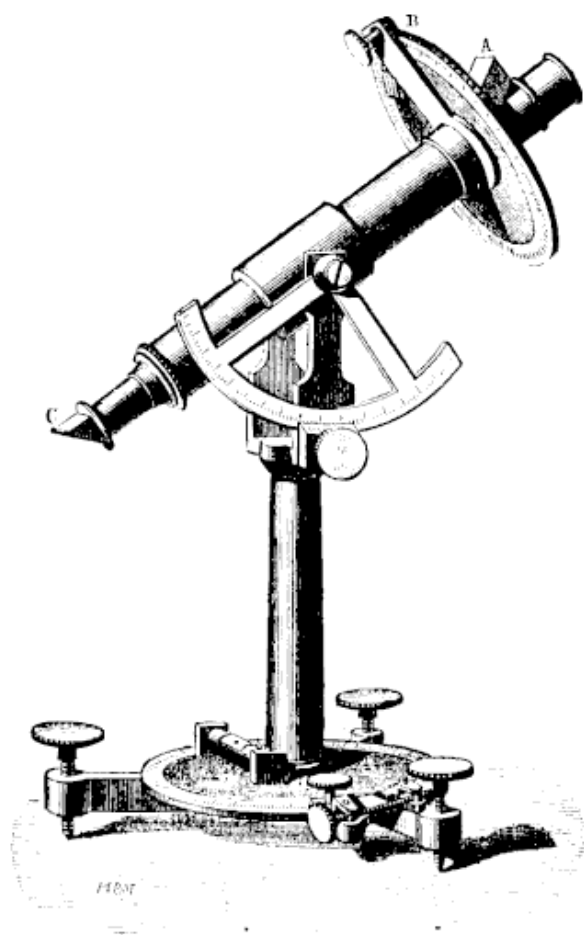


Fig. 29.

- 111 bis **Cyanopolarimètre d'Arago**, perfectionné par **Jules Duboscq**. Dans cet appareil les deux intensités à comparer

occupent chacune une surface d'un demi-cercle, séparées par un diamètre; il est donc facile de comparer ces deux teintes au contact.

Cet appareil a été construit par la maison pour l'Observatoire de <i>Montsouris</i> en 1868. <i>Fig. 29 bis</i>	550 f.
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------

Fig. 29 *bis*.

- | | | |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 112 | Lunette photométrique d'Arago , montée sur un pied parallactique pour étudier la transparence de l'air. Construit par la maison pour l' <i>Observatoire de Montsouris</i> en 1868. <i>Fig. 30</i> | 700 f. |
| 113 | Photo-polarimètre de M. Cornu , pour mesurer le degré de polarisation du ciel et en général de toute source de lumière partiellement polarisée. Construit suivant les données de M. Cornu en 1880..... | 120 f. |
| 114 | Polarimètre de M. Henri Becquerel , exécuté en 1880, suivant les données de M. H. Becquerel..... | 350 f. |
| 115 | Actinomètre thermo-électrique de M. Desains
Sert à mesurer la quantité de vapeur d'eau contenue dans toute | |

l'épaisseur de la couche atmosphérique, avec polarimètre.
Fig. 31.

Construit pour l'Observatoire de Montsouris en 1868..... 800 f.

116 **Actinomètre électro-chimique de M. Ed. Becquerel**, pour mesurer les intensités lumineuses par les effets électro-chimiques..... 500 f.

Construit suivant les données de M. Ed. Becquerel, en 1853.

117 **Appareil de M. Élie Wartmann** permettant de montrer la coïncidence du plan de polarisation, des points neutres et des points de polarisation maxima de la lumière et de la chaleur atmosphérique..... 500 f.

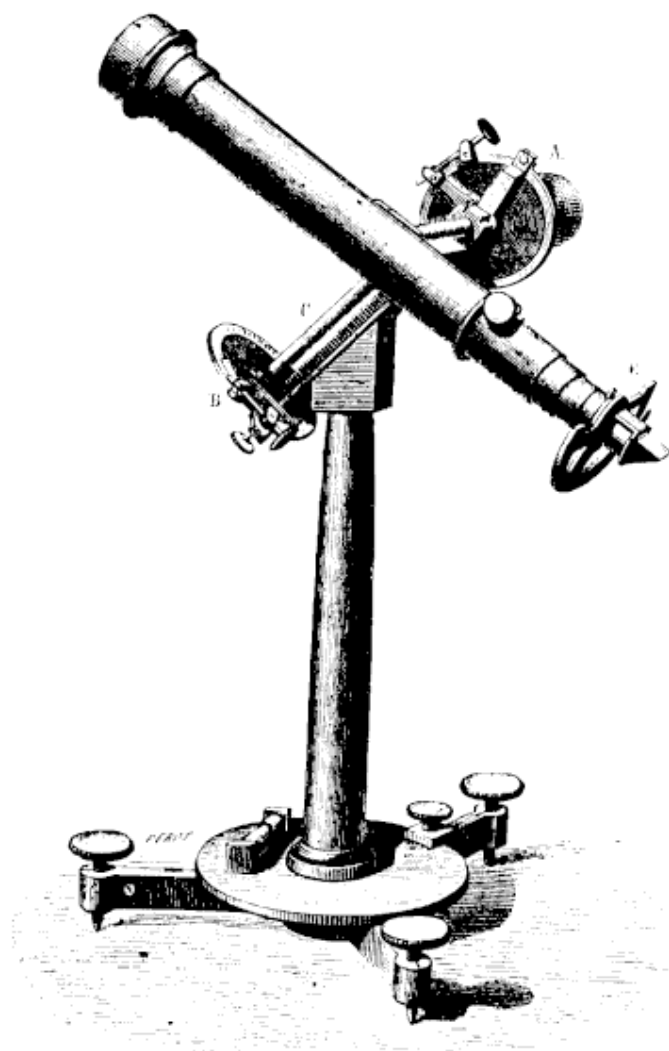


Fig. 30.

118 **Pile thermo-électrique cubique**..... 90 f.

118 bis **Pile thermo-électrique linéaire**, montée sur pied à coulisse pour mesurer les intensités calorifiques des différentes couleurs du spectre. Voir fig. 14..... 140 f.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Colorimètre de Jules Duboscq. Sert à mesurer l'intensité relative de la couleur d'un liquide ou d'un corps solide transparent par rapport à un type normal. Voir 345.

Galvanomètre de projection. Voir 83.

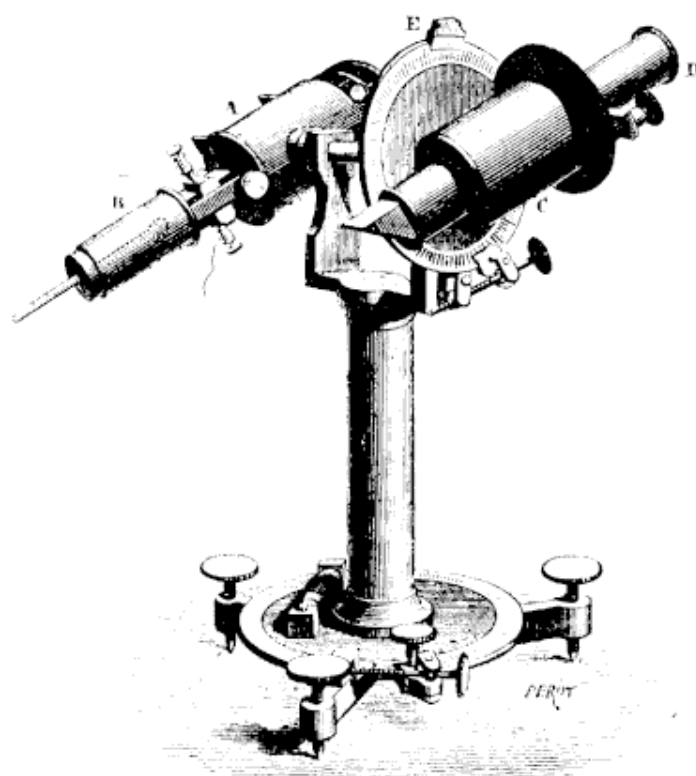


Fig. 31.

- 119 **Photophone électrique au Sélénium de M. Mercadier** 125 f.

CHAPITRE IV.

ONDES LUMINEUSES

EFFETS DE LEUR RENCONTRE, INTERFÉRENCES, DIFFRACTION

On nomme *Interférences*, l'action que deux rayons de lumière émanant d'une même source exercent l'un sur l'autre dans certaines conditions favorables.

Le Père GRIMALDI, en 1665, à Bologne, a montré que si dans le faisceau solaire pénétrant dans une chambre obscure, on interpose deux petits orifices rapprochés l'un de l'autre, les deux faisceaux émergents, qui empiètent l'un sur l'autre, donnent des franges rectilignes, c'est-à-dire des alternances d'ombre et de lumière.

Au commencement du siècle, 1802, Thomas YOUNG montra que cette apparence prouve l'action mutuelle des deux faisceaux, et introduisit dans le champ de l'optique, cette notion des *Interférences* qui a servi depuis lors, à rendre compte des phénomènes des *anneaux colorés* et de ceux de la *diffraction*.

FRESNEL, en 1817, donna à ce principe des Interférences toute sa généralité, en ne s'occupant que des actions mutuelles des rayons lumineux, écartant ainsi toutes les perturbations que les phénomènes ordinaires peuvent introduire.

Dans son expérience des deux miroirs, il montra que les deux faisceaux lumineux issus d'une même source, se rencontrant après avoir parcouru des chemins inégaux, donnent de l'obscurité ou une lumière quadruple, suivant que leur différence de marche est égale à un nombre *impair* ou *pair* de demi-longueur d'onde; mais pour que ce phénomène soit bien apparent, il est nécessaire que les rayons se rencontrent sous un très petit angle.

FRESNEL a montré que dans l'espace, le même point d'une bande obscure ou brillante des franges décrit une courbe dont la convexité est tournée en dehors, et si on mène par le point considéré de la frange un plan perpendiculaire à la fente lumineuse, la courbe est une hyperbole dont les foyers sont les projections sur ce plan des deux images de cette fente.

FRESNEL et ARAGO se sont occupés de l'interférence des rayons polarisés, et ont démontré que deux rayons polarisés à angle droit ne peuvent interférer.

FIZEAU et FOUCAULT ont montré qu'il peut y avoir des interférences dans la lumière non limitée et qu'on peut aussi produire des franges avec des différences de marche beaucoup plus considérables que ne l'admettait FRESNEL.

Quant à la *diffraction*, c'est ainsi qu'on nomme les modifications que la lumière éprouve, lorsqu'elle est interceptée partiellement, elle est une conséquence des interférences.

GRIMALDI est le premier physicien qui ait étudié les franges extérieures et intérieures à l'ombre d'un corps étroit.

NEWTON qui s'est aussi occupé de ce sujet ne paraît pas avoir remarqué les franges intérieures. On serait tenté de croire (écrit FRESNEL) que ses préventions théoriques ont pu contribuer jusqu'à un certain point à lui fermer les yeux sur ces phénomènes importants qui affaiblissaient beaucoup l'objection principale sur laquelle il fondait la supériorité de son système.

Thomas YORKE déduisit de ses expériences l'influence mutuelle pour les franges intérieures des faisceaux lumineux qui ont passé de chaque côté du corps étroit, mais il suppose les franges extérieures produites par le concours des rayons directs et des rayons réfléchis sur le bord de l'écran.

FRESNEL qui, sans avoir connaissance des idées de YORKE, était tombé dans la même erreur, la réfuta quelque temps après et fit voir que le principe d'HEYGENS, « *Les vibrations d'une onde lumineuse dans chacun de ses points, peuvent être regardées comme la somme des mouvements élémentaires qu'y enverraient au même instant, en agissant isolément, toutes les parties de cette onde considérée dans une quelconque de ses positions antérieures* », joint à celui des interférences, suffit à l'explication des phénomènes de diffraction étudiés soit par expérience, soit par le calcul.

FRESNEL fit l'application du déplacement des franges à la mesure du rapport de la vitesse de la lumière dans deux milieux, ce qui est l'indice de réfraction d'une substance par rapport à l'autre.

ARAGO mesura la différence qui existe entre les indices de réfraction de l'air sec et de l'air humide.

Les phénomènes de coloration produits dans les lames minces (Bulles de savon) et dans les cas où la lumière rase le bord des corps en se *diffractant*, s'expliquent par l'interférence des rayons, ayant même longueur d'onde et ayant parcouru dans les mêmes milieux, conséquemment avec des vitesses semblables, des chemins inégaux, qui diffèrent de nombres pairs ou impairs de demi-longueur d'onde.

Depuis cette époque tous les Grands Physiciens se sont occupés de cette intéressante question des interférences et ont attaché leur nom à de remarquables travaux et à d'intéressants appareils.

P. et Ph. P.

120 **Banc** pour les expériences de *diffraction* et d'*interférences*. *Fig. 32.*

Banc **Soleil père** présenté à l'*Académie des Sciences*, 10 juin 1839.

Ce banc en fer, d'une longueur de 1^m20, monté à vis calantes, est muni d'une règle divisée; sur ce banc glissent trois supports à colonne sur lesquels on place des plaques carrées appelées porte-fiches.

Ces porte-fiches sont munis d'un petit cadre à coulisse destiné à recevoir les pièces soumises aux expériences, les pièces d'observation, et les pièces servant de passage à la lumière. Chaque coulisse peut recevoir un mouvement d'inclinaison dans le plan vertical, permettant ainsi de régler les fiches parallèlement au plan de l'ouverture qui sert de passage à la lumière.

Le support O, *fig. 32*, destiné à recevoir les pièces soumises aux expériences, se place au milieu du banc ; il a une coulisse horizontale qui se meut perpendiculairement à l'axe du banc.

Les supports M et S sont des supports simples ; ils sont placés aux extrémités du banc et reçoivent ; le support M, placé du côté de l'observateur, la loupe d'observation, le micromètre de **Fresnel** *fig. 33 bis*, la loupe de projection, etc., etc. Le support S, placé du côté du porte-lumière, les ouvertures nécessaires au passage de la lumière

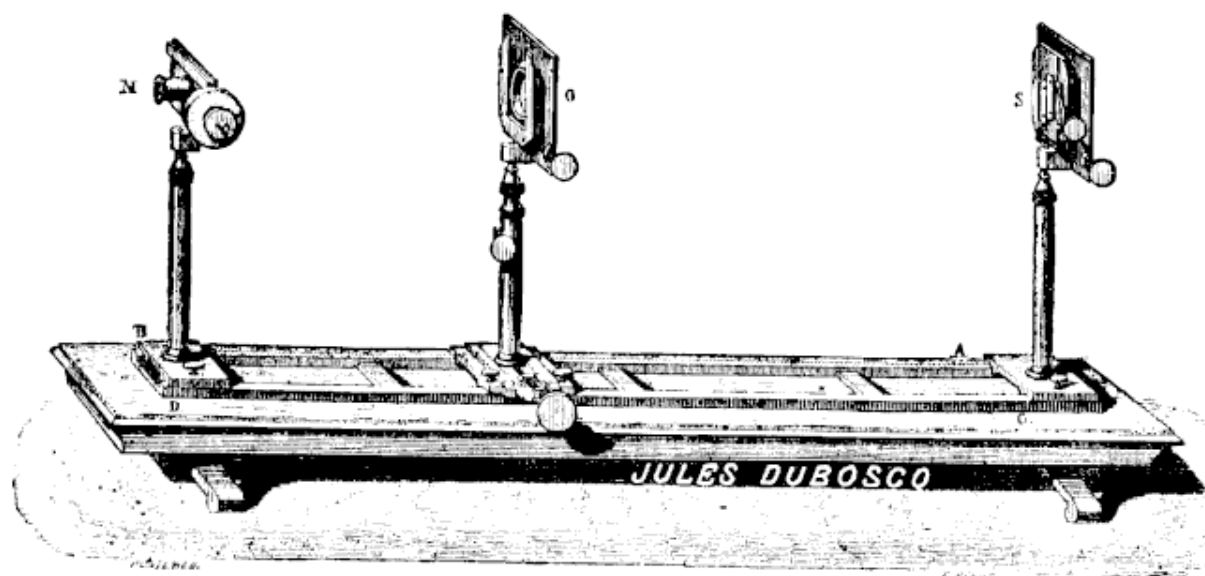


Fig. 32.

Pour l'observation directe on peut opérer avec la lumière du soleil ou avec une lampe. Pour la projection on se servira soit de la lumière solaire, soit de la lumière électrique ; il suffira alors de modifier la grandeur de l'ouverture qui donne passage à la lumière, et de remplacer la loupe d'observation par la lentille cylindrique à double courbure de **Soleil père**.

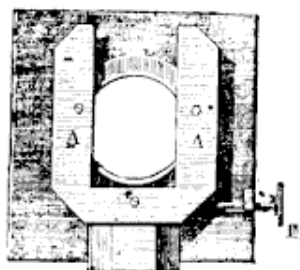


Fig. 33.

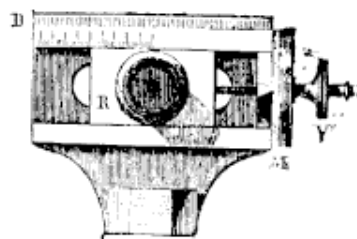


Fig. 33 bis.

Dans un nécessaire se trouvent les pièces d'observation, savoir : deux loupes de foyer différent ; le micromètre de **Fresnel**, *fig. 33 bis* ; la lentille à double courbure de **Soleil père** pour la projection. Les pièces qui donnent passage à la lumière, c'est-à-dire une ouverture rectiligne, une fiche portant un trou marqué A

une ouverture rectiligne à tambour divisé, une pièce à deux ouvertures parallèles et variables de distance pour mesurer les longueurs d'onde par un réseau, etc., etc. Les pièces d'expérience qui sont : les miroirs de **Fresnel**, *fig. 35* ; le biprisme de **Fresnel** ; les fiches à ouverture rectiligne avec crin, tiges cylindriques, coniques de deux diamètres, *fig. 34*, les fiches à trou pour point noir et point blanc, les fiches à petit cercle opaque sur une lame de verre pour l'expérience de **Poisson** et d'**Arago**, une fiche à deux ouvertures pour le déplacement des franges avec une lame de mica, expérience d'**Arago**, des fiches à biseau d'acier pour la diffraction, un grand et un petit miroir noirs, un réseau au $1/50$ de millimètre..... 800 f.

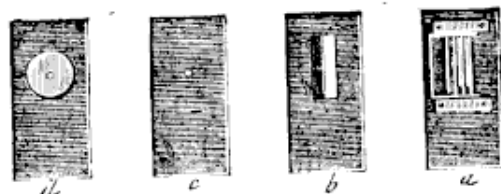


Fig. 34.

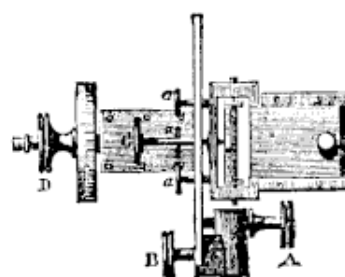


Fig. 35.

- 121 bis **Le même banc, Grand modèle**, se compose de deux règles, une de 1^m20 et une de 1^m80. Cinq supports et accessoires. 1200 f.
- 122 **Lentille coupée de Billet**, avec vis tangente pour le réglage, donnant des franges par interférences, montée sur un pied ordinaire à vis calantes..... 130 f.
- 123 **Compensateur Billet** pour les interférences, monté sur pied à vis calantes..... 120 f.
- Ces deux appareils, nos 122, 123, peuvent être montés sur le banc de diffraction, mais il est nécessaire d'avoir un support à colonne en supplément
- 124 **Support à colonne à tourillon avec porte-fiche**, mouvement de rotation pour centrage..... 55 f.
- 125 **Miroirs de Fresnel** montés sur pied à vis calantes, tambour divisé, vis de rappel, pour répéter les expériences de **Fizeau** et **Foucault**. *Fig. 35. Sur colonne et pied*..... 150 f.
- 126 **Oculaire micrométrique de Fresnel**, monté sur pied..... 140 f.
- Appareils de Brewster** pour obtenir des interférences par l'action des lames épaisses.
- 127 **Par réfraction**..... 100 f.
- Cet appareil peut donner des franges en projection.
- 127 bis **Par réflexion**..... 30 f.

- 128 **Appareil de Wrede**, pour obtenir des interférences par l'action des lames minces.
L'appareil est disposé de telle sorte que l'on peut faire disparaître le phénomène en mettant un liquide de même réfringence en contact avec la lame de mica qui produit les interférences.
Présenté à l'Académie des Sciences, 21 décembre 1846..... 45 f.

RÉSEAUX

- 129 **Deux réseaux rectilignes**, tracés au diamant sur glace, au $1/50$ de millimètre, montés sur cuivre indépendamment l'un de l'autre, servent pour projeter les spectres et les bandes d'interférence et produire, en les croisant, les spectres brillants des réseaux à mailles carrées..... de 25 fr. à 50 f.
- 129 bis **Les mêmes**, montés sur pied..... 75 f.
- 130 **Réseau circulaire**, au $1/50$ de millimètre monté sur cuivre..... de 25 à 50 f.
- 131 **Réseaux sur métal**, pour produire les spectres et les bandes d'interférence par réflexion..... de 35 f. à 50 f.
- 132 **Appareil de M. Crova**, pour les interférences produites par deux réseaux rectilignes superposés et parallèles.
Une vis micrométrique permet d'éloigner ou de rapprocher les réseaux. Deux mouvements rectangulaires, pour faire coïncider les bandes d'interférence. Un mouvement de bascule permet d'introduire une lame de verre entre les réseaux..... 210 f.
- 133 **Appareil de Jules Duboscq**, pour les interférences produites par des réseaux circulaires superposés. Vis de rappel à angle droit pour centrer les réseaux..... 150 f.
- 134 **Réseau** sur glace au $1/200$ de millimètre..... de 150 f. à 200 f.

ANNEAUX COLORÉS

- 135 **Appareil de Newton**, pour montrer les anneaux colorés, par réflexion et par transmission, monté sur un support en acajou..... 45 f.
- 136 **Appareil**, monté sur pied, avec mouvement d'inclinaison, pour faire voir les anneaux colorés par réflexion. Plaque de projections, n° 12..... 45 f.

- 137 **Appareil d'Herschel**, pour montrer les franges qui se produisent sous l'angle limite, lorsqu'un prisme est en contact avec une surface polie..... 45 f.
- 138 **Appareil** qui sert à faire voir simultanément les anneaux colorés à centre blanc et les anneaux à centre noir.
 Cet appareil se compose d'un prisme rectangle dont l'hypoténuse est légèrement convexe et d'une plaque composée de deux matières différentes flint et crown. Par l'interposition d'une goutte de liquide ayant un indice de réfraction moyen entre le flint et le crown, on obtient deux systèmes d'anneaux à centre blanc et à centre noir ; chaque système occupant la moitié du champ.
 Ces anneaux visibles à l'œil peuvent se projeter. Voir planche de projections, n° 13.
 On peut remplacer la plaque composée de deux matières par une plaque de spath ; le liquide à employer doit avoir alors un indice moyen entre le rayon ordinaire et le rayon extraordinaire.
 En observant avec un prisme de **Nicol** on voit successivement les anneaux à centre blanc et les anneaux à centre noir..... 80 f.
- 139 **Appareil** pour montrer les anneaux colorés sur les surfaces métalliques. En faisant varier l'angle d'incidence et l'angle de réflexion, on voit soit les anneaux à centre blanc, soit les anneaux à centre noir..... 150 f.
- 140 **Miroir concave**, avec diaphragme pour produire le phénomène des anneaux colorés des lames épaisses. Planche de projections, n° 41..... 55 f.
- 141 **Eriomètre de Young**, monté sur une tringle ~~métallique~~, permettant de mesurer la grosseur des fils des tissus..... 60 f.
- 142 **Appareil de M. Desains**, pour mesurer le diamètre des anneaux colorés, sous toutes les incidences, ainsi que le rapport des anneaux entre eux.
 L'appareil des anneaux se déplace horizontalement et perpendiculairement au plan de la lunette d'observation au moyen d'une vis micrométrique.
 La lunette d'observation est montée sur un quart de cercle divisé, ayant pour centre l'appareil des anneaux colorés. Elle se meut au moyen d'une crémaillère courbe, depuis la position horizontale jusqu'à la verticale.

	Cette disposition permet d'observer facilement sans changer la longueur focale de la lunette.	
	On éclaire l'appareil avec la lumière monochromatique.....	650 f.
	(Construit pour l'École Normale supérieure.)	
143	Petit appareil pour la projection des halos.....	5 f.
144	Appareil de M. Bravais , pour la production artificielle des divers phénomènes de météorologie, tels que halos, parhélies, anthélies	275 f.
145	Collection de M. Terquem , pour montrer les couleurs variables des lames minces. Avec figures de grandes dimensions.	75 f.



CHAPITRE V.

CATOPTRIQUE

RÉFLEXION DES ONDES LUMINEUSES

1° Les rayons incident, réfléchi et la normale à la surface réfléchissante, sont dans un même plan.

2° L'angle d'incidence est égal à l'angle de réflexion.

Ces lois sont connues de toute antiquité. ERASME paraît être le premier qui ait écrit sur la catoptrique. PLATON a écrit : Le mouvement rapide qui amène le fluide lumineux, s'effectue en ligne droite, mais si un corps à surface bien polie résiste à son passage, il tombe et se relève en faisant des angles égaux.

Ph. P.

- 146 **Appareil Soleil père et Jules Duboscq**, pour montrer en projection l'égalité des angles d'incidence et de réflexion par la permanence de l'image réfléchie sur un écran qui se meut avec la même vitesse angulaire que le rayon incident. Avec cet appareil on peut aussi mesurer approximativement l'angle de polarisation..... 300 f.

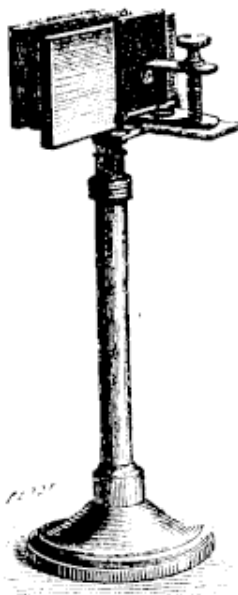


Fig. 36.

- 147 **Miroir plan**, en verre argenté par les procédés de M. Ad. Martin, monté sur pied. Diamètre 11 centimètres..... 45 f.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

- 148 **Miroir en glace**, moitié argenté, moitié noirci..... 10 f.
- 149 **Kaléidoscope**, à glaces mobiles à l'aide de charnières il sert à la démonstration de la loi des réflexions multiples, principe du Kaléidoscope.
L'angle des glaces est mesuré par des alidades qui se meuvent sur un cercle divisé. Sert à la projection..... 130 f.



Fig. 37.

- 149 bis **Kaléidoscope**, simple, inventé par Brewster..... 15 f.
- 150 **Appareil à réflexions successives**, sur glaces argentées. *Fig. 36*. Sert à montrer la perte de lumière par les réflexions successives..... 90 f.



Fig. 38.

- 150 bis **Le même**, sur miroirs métalliques. Sert à montrer la couleur propre des métaux..... 200 f.
- 151 **Série de trois miroirs**, en glace argentée. Plan, concave, convexe, montés sur pied en bois, cercle articulé en cuivre.

Diamètre des miroirs 0 ^m 33.....	460 f.
— 0 27.....	350 f.
— 0 24.....	250 f.
— 0 21.....	220 f.
— 0 19.....	170 f.
152 Miroir concave seul , pour l'expérience de la formation des images dans l'espace.	
Avec socle, vase en porcelaine et bouquet.	
Diamètre du miroir 0 ^m 33.....	175 f.
— 0 27.....	135 f.
— 0 24.....	100 f.
— 0 21.....	90 f.
— 0 19.....	70 f.
Les miroirs plans et convexes se vendent aussi séparément.	
On peut remplacer les glaces argentées par des glaces polies sur argent.	
153 Miroir cylindrique en verre argenté pour montrer les caustiques ou l'aberration de sphéricité par réflexion.....	30 f.

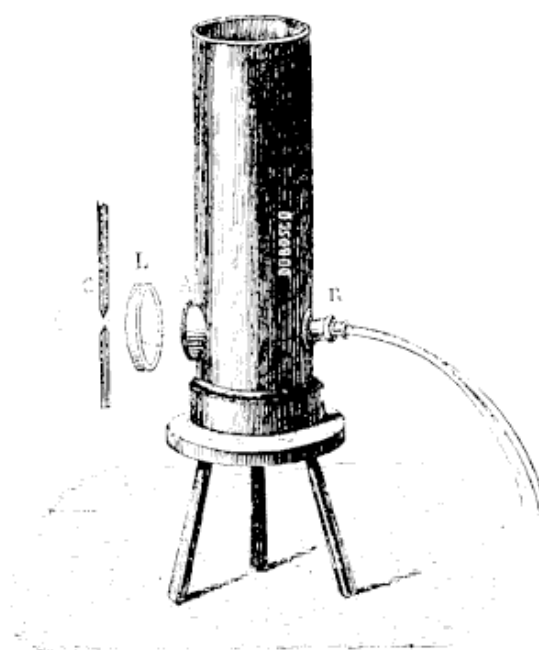


Fig. 39.

153 bis Miroir cylindrique en métal avec six tableaux anamorphiques. <i>Fig. 38.</i>	40 f.
153 ter Miroir cylindrique en glace argentée.....	80 f.
154 Miroir conique en métal avec six tableaux anamorphiques. <i>Fig. 38.</i>	35 f.

- 153 **Fontaine de Colladon.** Appareil pour montrer la réflexion totale de la lumière dans une veine liquide parabolique. Avec série de verres de couleur. *Fig. 39.*..... 75 f.
- 155 bis **La même**, montée sur piédestal en bois..... 110 f.
- Voir l'application dans la brochure (*Art théâtral*), des appareils employés à l'Opéra de Paris, pour les effets scéniques.
- 156 **Miroirs magiques** imités des miroirs Japonais et Chinois. *Fig. 40.*
- L'appareil est disposé pour répéter les expériences des miroirs chinois et japonais; il montre les effets de la compression ou de la dépression sur les miroirs (**Jules Duboscq** 1880), l'action de la chaleur, les images positives et négatives (**M. Govi** 1864). La théorie de ces phénomènes a été exposée par **M. Bertin**. Voir le *Journal de Physique*, tome IX, 1880.
- Appareil complet..... 100 f.
- Appareil à air comprimé, 60 fr. — Pompe aspirante et foulante, 30 fr. — Support articulé pour chauffer, 10 fr.

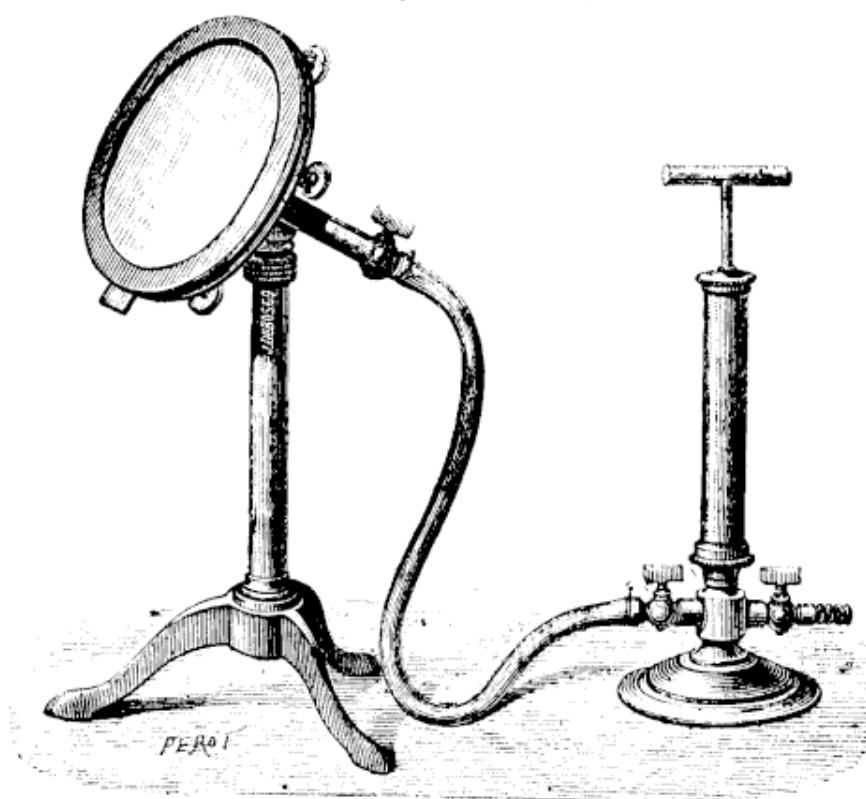


Fig. 40.

- 156 bis **Chaque miroir**, avec différents dessins..... 25 f.
- 156 ter **Miroir japonais** (magique directement)..... 25 f.
- Argenture**, procédé de **M. Ad. Martin**.
- Ce procédé d'argenture a été décrit par son auteur, et présenté à l'Académie des Sciences, 1^{er} juillet 1863.
- Prix variable suivant la grandeur des miroirs.

CHAPITRE VI.

DIOPTRIQUE

RÉFRACTION DES ONDES LUMINEUSES

Lois de DESCARTES, 1637.

1^o Le rayon incident, le rayon réfracté et la normale à la surface réfringente sont dans un même plan.

2^o Pour deux mêmes milieux, le rapport entre le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction est constant, quel que soit l'angle d'incidence.

La première loi était connue de ALHAZEN. Quant à la seconde, HUYGENS et VOSSIUS l'attribuent à W. SNELLIUS (1620) qui l'aurait énoncée sous la forme suivante : le rapport des sécantes des compléments des angles d'incidence et de réfraction est constant.

Ph. P.

- 157 **Appareil Silbermann et Soleil père**, présenté à l'Académie des Sciences, le 17 juin 1844. Cet appareil sert à la démonstration des lois fondamentales de la réflexion et de la réfraction; à la mesure des indices de réfraction des liquides et des solides; à la mesure des angles des prismes; montre la réflexion totale dans les solides; la polarisation par réflexion sur le verre noir; la polarisation par réflexion sur les corps solides, sur les liquides; la polarisation par réfraction..... 420 f.
- 157 bis **Le même**, pour montrer seulement les lois de la réflexion et la réfraction..... 200 f.

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE

Appareils de M. le Docteur Gariel.

- 158 **Appareil** pour montrer la marche des rayons lumineux, leur réflexion par des miroirs, leur réfraction à travers un prisme, leur décomposition, la formation des foyers des miroirs et des lentilles. Combinaison de foyers. Le tout se voit par transparence sur un écran en verre dépoli de 1^m sur 0^m30..... 160 f.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

- 158 *bis* **Appareil**, pour montrer les expériences de réfraction à travers les liquides, il se compose d'une cuve cylindrique verticale, à fond dépoli, avec miroirs articulés..... 140 f.
- 159 **Appareil de M. P. Poiré**. (Optique géométrique.) Cet appareil se compose d'une cuve fermée sur le devant par une grande glace, en regard de laquelle est monté un prisme à réflexion totale avec mouvement à genou.
Le fond de la cuve porte une glace étamée mobile ; sur chaque côté un système de barillet double portant un ménisque parallèle en glace, formant, lorsque la cuve est pleine d'eau, un système de lentilles concaves ou convexes. En avant de ces ménisques des diaphragmes à trous et à bandes circulaires.
On montre avec cet appareil, les lois de la réflexion et de la réfraction, la formation des foyers des lentilles, les aberrations de sphéricité et de réfrangibilité, la réflexion totale..... 280 f.

RÉFRACTION, DISPERSION

MILIEUX GAZEUX

Appareil de Dulong et Petit, pour la détermination des indices de réfraction des corps gazeux.

Appareil perfectionné par **Jules Duboscq**, pour le cours de **M. Jamin**, 1850. Voir n° 262.

MILIEUX LIQUIDES

- 160 **Prisme à angle variable**. Ce prisme creux en glace à faces mobiles, permet de montrer la réfraction à travers les liquides, sous différents angles, la dispersion des couleurs, la réflexion totale successive des rayons différemment réfrangibles. En plus un prisme pour montrer l'achromatisme. *Fig. 41*..... 220 f.
Voir planche de projections, n° 7.
- 161 **Prisme creux**, divisé en plusieurs compartiments pour montrer d'un seul coup la réfraction et la dispersion à travers différents liquides..... 70 f.
- 162 **Prisme à un seul flacon**, pour contenir le sulfure de carbone..... de 55 à 70 f.

- 162 *bis* **Grand prisme**, à sulfure de carbone, à $\frac{1}{2}$ grand angle, pour la projection des raies du spectre, 100 f.

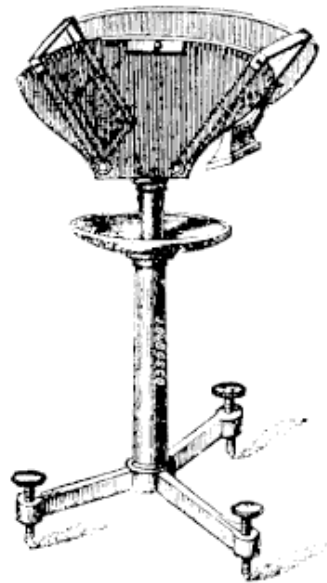


Fig. 41.

- 163 **Cuve** en glace, de forme cubique, divisée en deux, suivant la diagonale par une cloison en glace, montée sur un pied à vis calantes, 45 f.

MILIEUX SOLIDES, PRISMES

- 164 **Prisme de M. Govi**. Ce prisme solide à angle variable est composé d'un bloc de verre avec cavité et d'une demi sphère convexe de même rayon et de même matière; on peut avoir ainsi un prisme dont l'angle peut varier depuis 0° jusqu'à 90° . L'ouverture de l'angle est mesuré par un cercle gradué. Construit en 1867, 150 f.
- 165 **Diaphragme**, à flèche et parallélépipède en verre, pour projeter les phénomènes de réfraction à travers les milieux terminés par des faces planes et parallèles. Se monte sur nos 3 et 36 Voir planche de projections, n° 3, 12 f.
- 166 **Prisme équilatéral**, en flint, de 60 à 80 f.
- 167 **Dispositif de deux prismes** de 60° articulés pour augmenter la dispersion, 120 f.
- 168 **Prisme**, pour l'angle limite, monté de façon à donner à volonté l'image réfléchie ou l'image transmise, 40 f.
- 169 **Prisme rectangulaire**, en crown, pour obtenir la réflexion totale. Fig. 43, de 50 à 60 f.

- 170 **Deux prismes**, en flint, de même angle pour l'expérience des spectres croisés de **Newton**.
Ces prismes croisés à angle droit donnent trois spectres, un horizontal, un vertical, et un à 45°, mais à la condition que ces prismes aient rigoureusement le même angle et le même indice de réfraction..... 100 f.
- 171 **Prisme pyramidal**, donnant quatre spectres..... 45 f.
- 172 **Prisme conique**, produisant un spectre circulaire..... 45 f.
- 173 **Polyprisme**, composé de quatre matières différentes, pour montrer la différence d'indice de réfraction et de dispersion des solides. Un écran mobile permet d'intercepter successivement le spectre donné par chaque substance. *Fig. 42*. Voir planche de projections, n° 6..... 80 f.

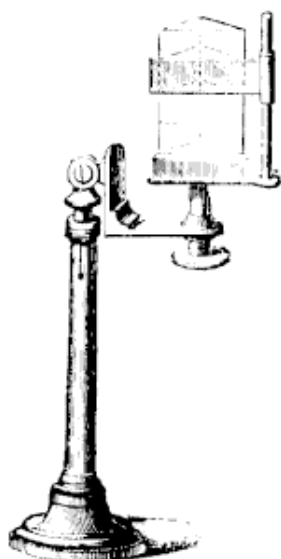


Fig. 42.

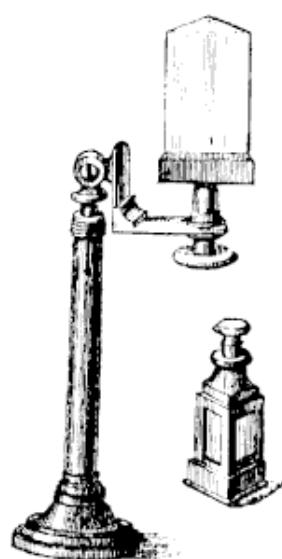


Fig. 43.

- 174 **Prisme d'Amici**, dit à vision directe, pour la projection du spectre sans déviation..... de 80 à 100 f.
- Lentilles achromatiques**, montées sur pied, pour la projection du spectre solaire. Voir n° 248.
- 175 **Appareil du Docteur Parinaud et de Jules Duboscq**, permettant la superposition de deux spectres identiques produits par le même prisme de manière à obtenir le mélange des différentes couleurs.
Cet appareil est particulièrement favorable pour l'étude comparative des intensités lumineuses et chromatiques des différentes lumières simples et de leurs mélanges..... 600 f.

- 175 *bis* **Écran** à trois ouvertures variables, permettant d'isoler les couleurs simples, d'étudier leur résultante, les composantes, les complémentaires 100 f.
- 175 *ter* **Triple lunette photométrique**, pour étudier simultanément les couleurs isolées par l'écran 180 f.

ACHROMATISME DES PRISMES

- 176 **Prisme achromatique**, assemblage de deux prismes, un en flint et un en crown montés sur pied, pour montrer en quoi consiste l'achromatisme et comment on l'obtient 60 f. 5
- 177 **Prisme achromatique**, assemblage de trois prismes, monté sur pied 80 f. 100
- Prisme de M. Govi**, solide à angle variable pour la démonstration et la mesure de l'achromatisme. Voir n° 164.
- 178 **Diasporamètre de Rochon**, pour l'étude et la reproduction de l'achromatisme avec une modification qui permet de mouvoir simultanément les deux prismes d'une même quantité angulaire, mais en sens opposé, de manière à ce que l'angle réfringent du prisme composé, conserve toujours la même position 200 f.
- 178 *bis* **Diasporamètre de Rochon**, simple ; dans lequel un seul prisme tourne 150 f.



CHAPITRE VII.

SPECTROSCOPIE

SPECTRES, ANALYSE DES RADIATIONS, PHOSPHORESCENCE, FLUORESCENCE

NEWTON, qui le premier décomposa la lumière solaire en 1669 et produisit le spectre, ne vit aucune raie, parce qu'il recevait la lumière solaire par une ouverture trop grande et dans des prismes dont la substance n'était pas assez pure.

Le docteur WOLLASTON, en 1802, répétant les expériences de NEWTON, et se servant d'une mince ouverture rectiligne, vit quatre raies noires parallèles aux arêtes du prisme, mais il ne poussa pas son observation plus loin.

FRAUNHOFER, en 1814, sans avoir connaissance du travail de WOLLASTON, cherchant des points de repère pour l'achromatisme de ses objectifs, découvrit 600 raies dans le spectre, il les classa par groupes et les dessina.

Il montra que ces raies sont indépendantes de l'angle de réfringence du prisme ainsi que de la nature de la substance réfringente, et qu'elles restent toujours les mêmes par leur nombre, leur forme et leur position. Il étudia aussi les raies des étoiles, celles de l'étincelle électrique et celles produites par les métaux brûlant dans une flamme.

Sir John HERSCHEL, en 1822, frappé de la fixité des raies relatives aux gaz, pensa qu'on pourrait se servir de ces raies pour caractériser et même analyser les substances en combustion.

FOX TALBOT, en 1833, obtint un spectre cannelé avec des vapeurs d'acide hypoazotique et découvrit en même temps que BREWSTER les raies dites telluriques.

Les professeurs MILLER et DANIELL firent les mêmes expériences que FOX TALBOT, mais en substituant à l'acide hypoazotique, les vapeurs d'iode et de brome.

WHEATSTONE, en 1836, observa mieux les raies produites par l'étincelle électrique : il montra que leur place change avec les électrodes employés.

FOUCAULT, en 1849, étudia le spectre produit par l'arc voltaïque et trouva le principe du renversement des raies : il s'exprime ainsi dans son mémoire adressé à la *Société Philomatique* : « L'arc voltaïque nous offre un milieu qui émet pour son propre compte les rayons D, et qui en même temps les absorbe, lorsque ces rayons viennent d'ailleurs. »

M. Ed. BECQUEREL, en 1842, publia la première photographie du spectre : ses travaux ont été complétés par M. MASCART, en 1864.

MASSEN, en 1851, et quelques années après ÅNGSTRÖM et THALÉN, 1853-1868, montrèrent que les raies électriques appartiennent à la fois aux métaux et à l'air traversé.

CHAPITRE VII.

SPECTROSCOPIE

SPECTRES, ANALYSE DES RADIATIONS,

PHOSPHORESCENCE, FLUORESCENCE

NEWTON, qui le premier décomposa la lumière solaire en 1666 et produisit le spectre, ne vit aucun raie, parce qu'il recevait la lumière solaire par une ouverture trop grande et dans des prismes dont la substance n'était pas assez pure.

Le docteur WILKINSON, en 1802, répéta les expériences de NEWTON, et se servait d'une mince ouverture rectangulaire, vit quatre raies nettes attribuées aux rayons du prisme, mais il ne pût en pas une observation plus loin.

FRAUNHOFER, en 1814, sans avoir connaissance de l'existence de WILKINSON, cherchant des points de repère pour l'achromatisme de ses lunettes, découvrit 685 raies dans le spectre, il les classa par groupes et les dessina.

Il montra que ces raies sont indépendantes de l'angle de réfraction du prisme ainsi que de la nature de la substance réfringente, et qu'elles restent toujours les mêmes par leur nombre, leur forme et leur position. Il étudia aussi les raies des étoiles, celles de l'éclatelle électrique et celles produites par les métaux brûlant dans une flamme.

Sur JOHN HERSCHTEL, en 1823, frappé de la fixité des raies relatives aux gaz, pensa qu'on pourroit se servir de ces raies pour caractériser et même analyser les substances en combustion.

FOX TALBOT, en 1826, obtint un spectre cannelé avec des vapeurs d'acide hyponitrique et découvrit ces mêmes raies que HERSCHTEL les raies dites telluriques.

Les professeurs MUSEN et FRECHER firent les mêmes expériences que FOX TALBOT, mais en substituant à l'acide hyponitrique, des vapeurs d'acide et de brome.

WILKINSON, en 1836, observa encore les raies produites par l'étincelle électrique; il montra que leur place change avec les électrodes employées.

FOURCAULT, en 1840, étudia le spectre produit par l'arc voltaïque et trouva le principe du renversement des raies; il s'exprime ainsi dans son mémoire adressé à la Société Philomathique: « L'arc voltaïque nous offre le moyen qui émet pour son propre compte les rayons D, et qui en même temps les absorbe, lorsque ces rayons viennent d'ailleurs. »

M. E. L. BECQUEREL, en 1832, publia la première photographie du spectre; ses travaux ont été complétés par M. MASCAET, en 1864.

MUSEN, en 1851, et quelques années après HERSCHTEL et TALBOT, 1833-1838, montrèrent que les raies électriques appartiennent à la fois aux acides et à l'air traversé.

MAISON JULES DUBOSCO

21, Rue de l'Odéon, Paris

SPECTROSCOPIE SPECTRES

Solaire

Stellaire
(p. Secchi)

Métaux

Absorption

Normal

α Hercule

Na Cu

Sang

H

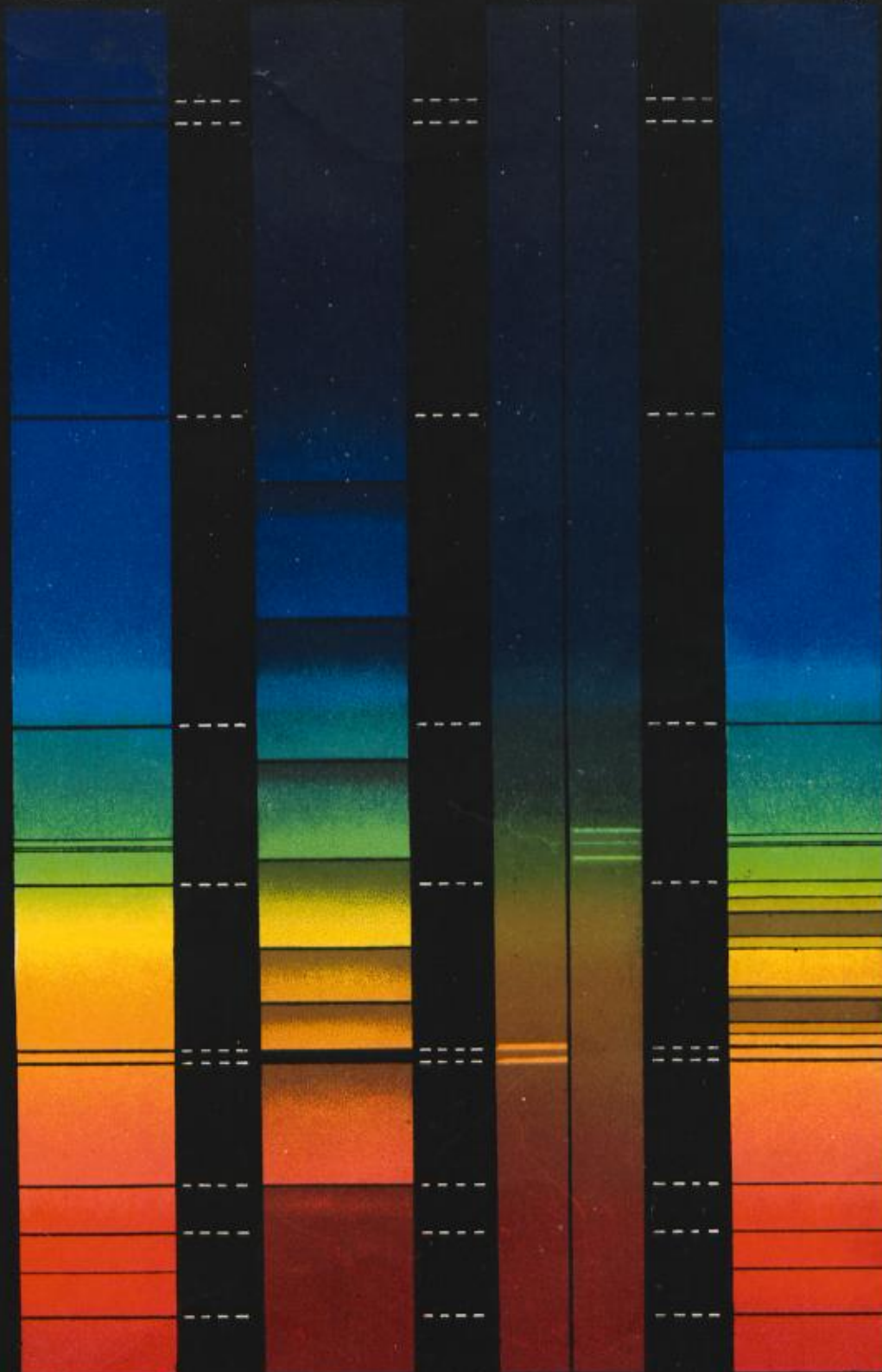
G

F

E_b

D

A_a B C



F. Menetrier Chromo-Lith. et Imp. Paris

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

MASSEX dessina ces raies avec autant de soin que FRANKFORDER l'avait fait pour les raies solaires.

THIÉRY fit des cartes détaillées des spectres des métaux dans lesquelles les raies sont aussi indiquées par leur longueur d'onde.

MM. JAMIN et MASSEX, en 1850, montrèrent que dans la partie lumineuse du spectre, la chaleur et la lumière se transmettent toujours chacune dans la même proportion à travers un milieu quelconque.

M. DESAINS montra que la chaleur du spectre des gaz, se trouve dans les raies brillantes entre lesquelles les espaces obscurs sont relativement froids.

BUNSEN et KIRCHHOFF publièrent, en 1855, un très remarquable mémoire, dans lequel ils firent comprendre l'importance de la méthode spectroscopique, à laquelle leurs noms restent attachés par le développement qu'ils ont donné à l'analyse spectrale.

Ils montrèrent que la combinaison dans laquelle un métal est engagé, la nature des flammes, leur température n'apportent pas de modification dans les raies brillantes appartenant à chaque métal.

KIRCHHOFF démontra la généralité du théorème de l'équivalence entre l'absorption et l'émission, déjà entrevue par le célèbre mathématicien Bâlois LÉONARD EULER qui, le premier, en 1770, dans sa *Theoria lucis et caloris*, avait énoncé le principe suivant : « Chaque corps absorbe la couleur ayant une longueur d'onde égale à celle dans laquelle oscillent ses plus petites particules. » Ne s'est-il pas inspiré aussi des observations de FOUCAULT (1849) au point de vue du renversement de la raie D ? Toujours est-il qu'à présent on admet que les raies obscures observées dans le spectre solaire indiquent le renversement d'autant de raies brillantes dues aux vapeurs métalliques de son atmosphère.

Perfectionnant le spectroscopie construit par SWAN, en 1847, ils imaginèrent un spectroscopie à collimateur pourvu d'une échelle permettant de déterminer les positions relatives des raies ; ils employèrent aussi un prisme auxiliaire pour comparer les divers spectres avec celui du soleil. Ils dessinèrent les cartes spectrales des métaux alcalins, et découvrirent, en 1859, deux métaux nouveaux, le *Rubidium*, et le *Césium*.

En suivant la même méthode, CROOKES (en 1861) découvrit le *Thallium*, mais c'est à LAMY (en 1862) professeur à l'*École Centrale des Arts et Manufactures*, que revient l'honneur d'avoir isolé ce métal à l'état de pureté.

MM. REICH et RICHTER découvrirent, en 1863, l'*Indium* ; M. LECOQ DE BOISBAUDRAN, en 1875, découvrit le *Gallium* ; et, sans y voir la marque d'un corps nouveau, TYNDALL trouva une nouvelle raie bleue très brillante dans le spectre du *Lithium*, porté à la plus haute température.

En 1860, J.-B. AMÉL, qui avait inventé le prisme à vision directe, employa ce prisme dans la construction d'un spectroscopie dont se servit plus tard M. JANSSEN qui, reprenant les observations de BREWSTER (1833) sur les raies dites telluriques, fit ses belles expériences sur le Faulhorn et les bords du lac de Genève (1864). Il étudia en 1868 les protubérances solaires aux Indes, pendant l'éclipse totale du soleil, et indiqua le procédé pour l'étude de ces protubérances en temps ordinaire ; en 1870 il étudia les raies de l'atmosphère des planètes Vénus, Mars, Jupiter et Saturne.

NORMAN LOCKYER, en même temps que M. JANSSEN, arriva à un procédé pour l'étude des protubérances solaires.

Le Père SECCHI, en 1870, découvrit l'hydrogène dans l'atmosphère du soleil ; il classa les étoiles en quatre groupes principaux.

- 1^{re} Étoiles blanches (Sirius, Véga);
- 2^{re} Étoiles jaunes (Chèvre, Pollux);
- 3^{re} Étoiles caractérisées par un double système de bandes nébuleuses et de raies noires, étoiles généralement rouges;

α d'Hercule (*Voir carte des Spectres*);

- 4^e Étoiles assez rares, de couleur rouge-sang, et dont le spectre est formé de trois zones fondamentales, jaune, verte, bleue; présentant parfois des raies brillantes.

YORNG, de Dartmouth, en 1870, observa dans le soleil des raies brillantes, autres que celles de l'hydrogène.

Nous devons citer aussi les recherches de VAN DER WILDEUX, insérées dans les Archives du musée Tyler, à Harlem; les observations de W. HUGGINS qui depuis 1866 jusqu'à nos jours a étudié le spectre des étoiles fixes, des nébuleuses et des comètes; les recherches d'ALLEN MILLER et de lord OXFORDTOWN dans la même direction; celles du professeur ZÖLLNER au sujet des protubérances solaires; les études du lieutenant HERSHEL et celles du professeur KUNDT, de Zurich, relatives aux spectres des éclairs. Enfin les études du spectre des aurores polaires faites par ANGSTROM à Upsal en 1867, par STURVE à Pulkowa en 1868, et par WINLOCK à New-York en 1869.

Le professeur PLÜCKER à Bonn a le premier étudié les spectres des gaz et des vapeurs dans des tubes dont il étranglait une partie. A ces tubes, construits par GUSSLER, on a donné improprement le nom de ce constructeur. C'est en poursuivant cette voie que PLÜCKER et HITTOFF ont découvert que les mêmes gaz présentent divers spectres, et que MM. WÜLLNER, FRANKLAND, LOCKYER, CAILLETET, ont complété nos connaissances à cet égard; ils ont montré qu'en comprimant les gaz à plusieurs atmosphères, les raies se joignent et forment un spectre continu.

Pour étudier les raies de la partie ultra-violet du spectre, on n'avait que le moyen de la photographie, lorsque M. Louis SORET, le premier, eut l'idée d'observer ces rayons invisibles au moyen de la fluorescence qu'ils produisent. Il fit ses observations sur le pic du Midi (Valais).

M. CORNU poursuivit l'étude du spectre solaire ultra-violet et montra l'influence de l'absorption atmosphérique sur la longueur de ce spectre. Dans la partie visible, il s'est attaché à l'étude des raies dites telluriques et les a séparées des raies solaires.

Ces raies ne sont autres que des bandes d'absorption, résolubles en raies fines.

Ses études ont conduit à des perfectionnements notables dans les appareils spectroscopiques (spectroscope à grande dispersion, lentilles achromatiques pour toute l'étendue du spectre ultra-violet).

PHOSPHORESCENCE, FLUORESCENCE

La phosphorescence fut observée d'abord en 1604 dans le phosphore de Bologne (sulfure de barium). Dans ses remarquables travaux, M. Ed. BECQUEREL distingua dans le spectre plusieurs genres d'effets produits par l'influence des rayons de diverses réfrangibilités sur les corps. Entre autres les effets de phosphorescence sur les sulfures alcalino-terreux s'étendant en général de l'indigo jusque bien au delà du violet.

Il montra que le maximum de phosphorescence a ordinairement lieu dans les rayons violets et au delà. En général la teinte émise par les corps phosphorescents correspond

à des rayons d'une moindre réfrangibilité que ceux de la lumière qui les a rendus phosphorescents.

Son phosphoroscope permet de montrer les phénomènes de phosphorescence et de fluorescence, qui n'est qu'une phosphorescence à courte durée.

La fluorescence fut étudiée par BREWSTER et par sir John HERSCHEL, mais c'est STOKES qui en donna la loi. Il montra que les rayons les plus réfrangibles déterminent par absorption des radiations moins réfrangibles. Cette loi paraît souffrir une ou deux exceptions signalées par le professeur LOMMEL à Erlangen ; mais le professeur HAGENBACH de Bâle affirme que d'après ses recherches il faut maintenir la loi de STOKES.

M. H. BECQUEREL se basant sur les découvertes de M. Ed. BECQUEREL, à savoir que les rayons infra-rouges détruisent les effets de phosphorescence produits par les rayons violets et ultra violets, applique ce principe à la construction d'un spectroscope qui lui permet de reconnaître des raies, des lignes et des bandes invisibles dans cette partie infra-rouge du spectre solaire et des spectres métalliques.

L'étude du spectre calorifique a été refaite il y a trois ans, dans l'atmosphère très pure d'Alleghany par le professeur S.-P. LANGLEY, à l'aide d'un instrument (imaginé d'abord par SVANBERG en 1851) auquel il a donné le nom de Bolomètre. Ce même appareil a servi à M. C. BAER DE SOLEURE, pour réaliser un radiomètre d'une excessive sensibilité : il est fondé sur les mêmes principes que le pont de WHEATSTONE.

MM. DELACHANAL et MERMET ont imaginé un petit appareil qui permet d'exciter l'étincelle électrique à la surface d'une dissolution saline, appareil qui est très utile pour l'étude spectroscopique des métaux peu volatils.

Ph. P.

SPECTROSCOPES

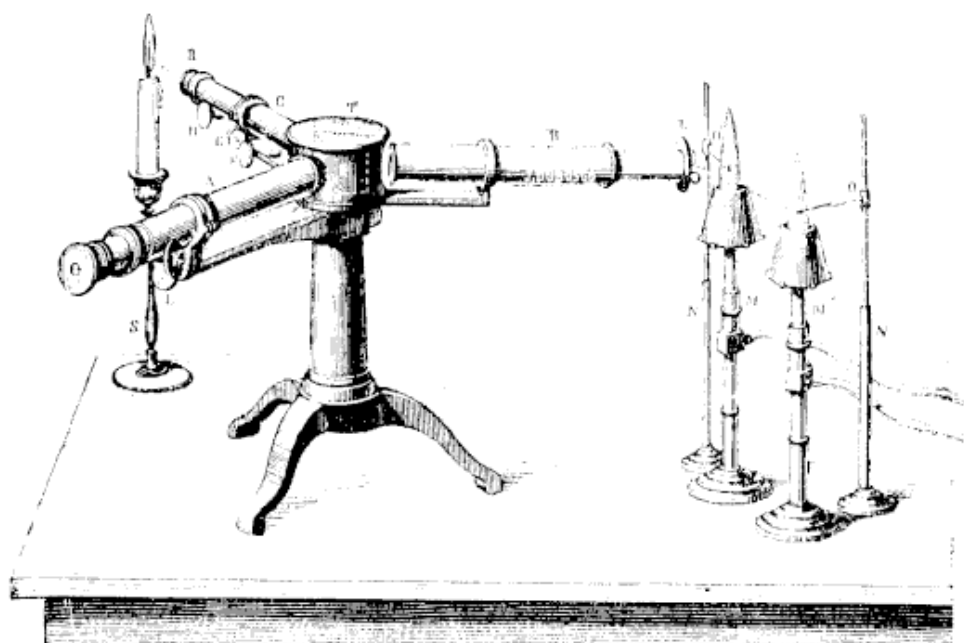


Fig. 44.

- 179 **Spectroscope horizontal, à un prisme** en flint, de 60°, réglé à la déviation minimum pour la raie D, lunette d'observation horizontale, collimateur à fente variable avec un petit prisme mobile, — micromètre transparent, — deux brûleurs à gaz; — un bec de gaz éclaire le micromètre.

Cet instrument convient aux observations chimiques; la source lumineuse est un bec de gaz à double courant d'air, dans la flamme duquel on plonge un fil de platine mouillé de la dissolution à analyser.

La fente rectiligne du collimateur, *Fig. 45*, est divisée en deux par un petit prisme, ce qui permet de voir simultanément dans la lunette d'observation, les spectres produits par deux sources de lumière; on a ainsi au contact un spectre avec raies spéciales produites par la dissolution à analyser et un spectre normal, comme terme de comparaison.

Le micromètre s'éclaire par transparence, son image réfléchié dans la lunette d'observation se voit en même temps que les raies du spectre et sert à en mesurer l'écartement. 300 f.

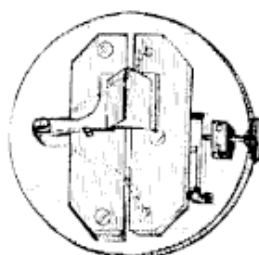


Fig. 45.

- 180 **Spectroscope vertical de Jules Duboscq, à un seul prisme**, lunette d'observation verticale, collimateur

horizontal avec fente rectiligne, semblable à la précédente, micromètre transparent. Sert aux analyses cliniques, *Fig. 46 et 47.* 200 f.

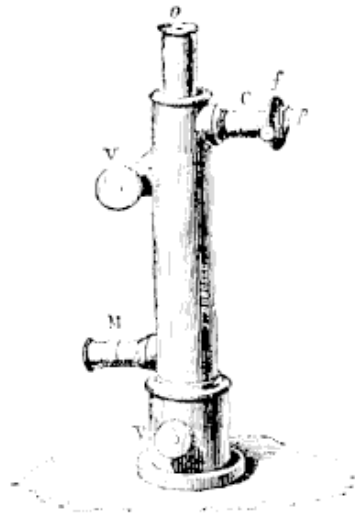


Fig. 46.

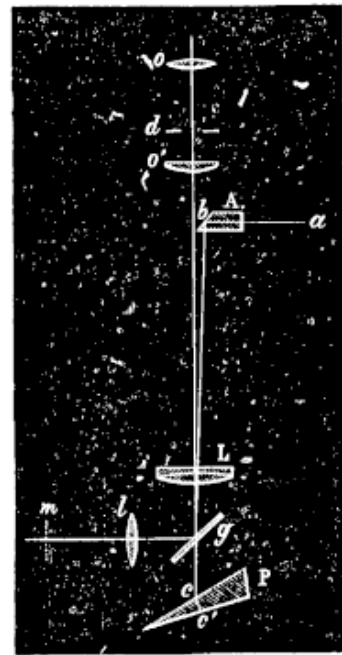


Fig. 47.

- 181 **Spectroscope horizontal, à deux prismes,** mêmes dispositions pour la lunette d'observation, le collimateur, le micromètre, que pour le n° 479.

On donne avec cet appareil, deux oculaires de grossissement différent 450 f.

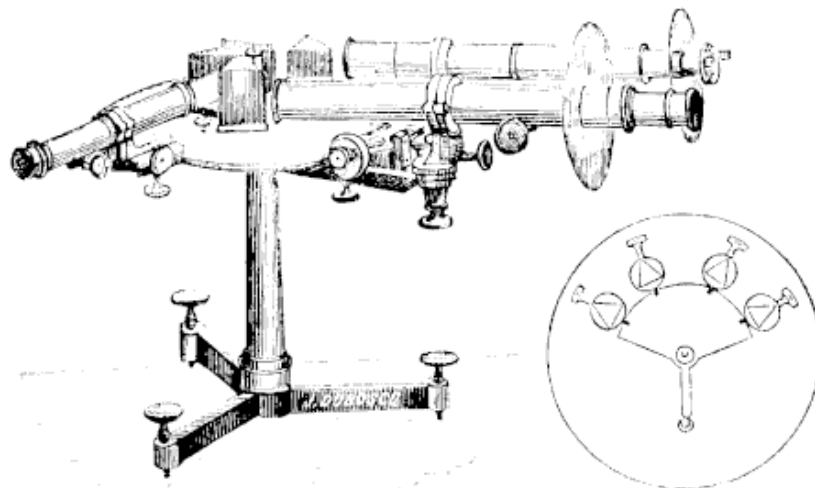


Fig. 48.

- 182 **Grand spectroscope horizontal, à deux prismes;** peut servir de **Goniomètre.** Le plateau de ce spectroscope est divisé sur argent en degrés, le degré en trois; au moyen d'un vernier on a la minute.

- On peut enlever les prismes et les remplacer sur un support spécial par les prismes dont on veut mesurer les angles et l'indice de réfraction. On donne deux oculaires de grossissement différent. 700 f.
- 183 **Spectroscope à quatre prismes.** Ce spectroscope et celui à six prismes ont été construits par la maison, pour les observations physiques et astronomiques exigeant une grande puissance de dispersion; ils sont munis de tous les accessoires indispensables à la détermination de la position des raies et de leur écartement qu'on obtient par une simple lecture.
- La disposition des mouvements permet l'observation du spectre à analyser dans toute sa longueur et dans toute sa hauteur, et sa comparaison avec le spectre normal solaire que l'observateur voit simultanément dans le spectroscope avec le spectre à analyser.
- On donne avec ce spectroscope deux jeux d'oculaires. 700 f.
- 184 **Spectroscope à six prismes,** mêmes dispositions que pour le précédent.
- Cet appareil a deux jeux d'oculaires de grossissement différent, un oculaire micrométrique. Le collimateur a un prisme à réflexion totale pour la facilité de l'observation. 1000 f.

SPECTROSCOPES A PRISMES D'AMICI

DITS A VISION DIRECTE

J.-B. AMICI, en 1856, eut le premier l'idée d'éviter l'énorme déviation des rayons, produite par les prismes, en associant des prismes de crown à des prismes de flint, de manière à obtenir une dispersion assez grande sans déviation des rayons moyens du spectre.

- 185 **Spectroscope à vision directe. Grand modèle.** Ce spectroscope est monté sur pied avec lunette d'observation, et micromètre transparent, ils ont l'un et l'autre un mouvement de déplacement angulaire. *Fig. 49, 50.* 250 f.
- 185 bis **Le même,** avec prisme double, donnant une dispersion plus grande. 290 f.
- Avec les nos 185, 185 bis, on donne une lampe **Bunsen**

Paris. 15 de la rue de la Harpe 210 et 211
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

- 186 **Spectroscope de métallurgiste**, monté sur un pied
à genou, sans accessoires..... 100 f.

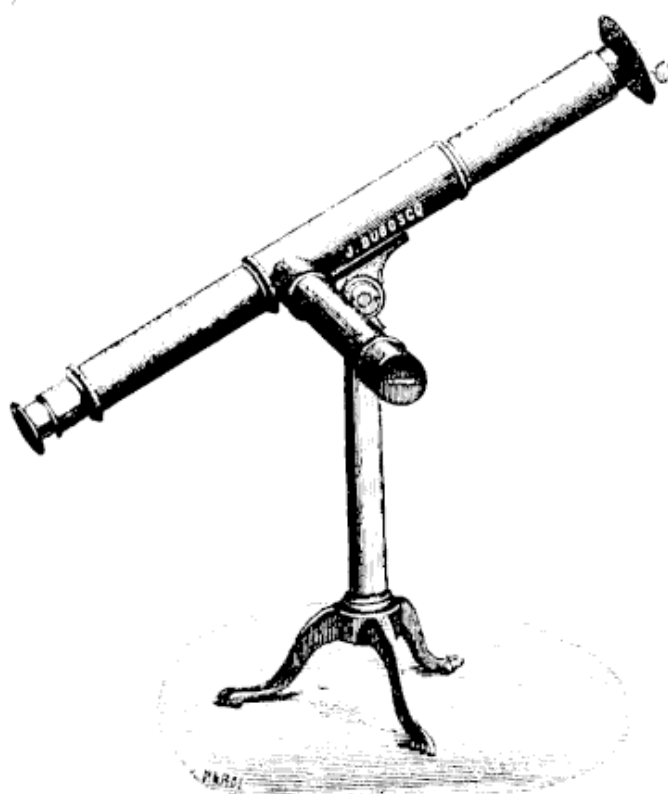


Fig. 49.

- 186 bis **Le même**, disposé pour être tenu à la main..... 70 f.

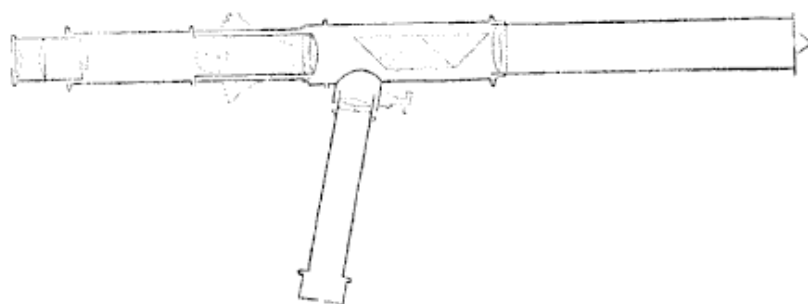


Fig. 50.

- 187 **Spectroscope de minéralogiste**, modèle de poche. 30 f.

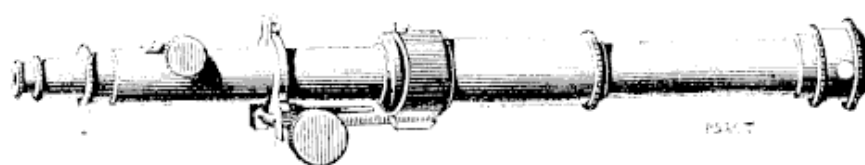


Fig. 51.

- 188 **Spectroscope astronomique**, à vision directe, avec
système amplificateur pour les instruments à court foyer. *Fig. 51.*
Avec deux prismes dont un à faible dispersion, pour l'observa-
tion des planètes dont la lumière est peu intense..... 400 f.

- 189 **Spectroscope de M. Cornu**, pour l'étude des rayons ultra-violet. Cet appareil est muni d'un oculaire fluorescent de M. Soret, les objectifs de la lunette et du collimateur sont en quartz de rotation contraire, achromatisés par du spath d'Islande. Les deux prismes et l'éclaireur de la fente sont en quartz de rotation contraire. Construit pour M. Cornu, en 1877..... 700 f.
- 190 **Spectroscope de M. H. Becquerel**, pour l'étude des rayons infra-rouges. Cet appareil, muni d'un collimateur et d'une lunette d'observation, objectif de 80 millimètres, prisme à sulfure de carbone à grande déviation. Un mouvement de parallélogramme maintient constamment le prisme à la déviation minimum quelle que soit la couleur ou la raie observée. Dans deux boîtes juxtaposées, un système d'éclairage électrique pour l'insolation des substances observées qui se trouvent dans une cuve en glace avec règle divisée pour le repère des raies. Cette cuve peut se déplacer à l'aide de chariots dans deux directions rectangulaires. Un viseur à redressement, portant une lunette, permet de faire la lecture directe..... 1500 f.
- 191 **Spectroscope thermique de M. Desains**. Le collimateur, le prisme, l'objectif, sont en sel gemme, le spectroscope et ses accessoires sont montés sur un banc, de 1200 à 1500 f.
- 191 bis **Spectroscope à grande dispersion du docteur Zenger**, à prisme en liquide et en quartz, pour donner les spectres des rayons ordinaire et extraordinaire..... 250 f.
- 192 **Oculaire micrométrique**. Se monte sur les divers modèles de spectroscopes..... 80 f.
- 193 **Oculaire fluorescent de M. Soret**..... 60 f.

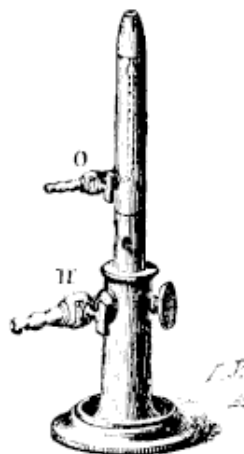


Fig. 52.

- 194 **Supports** s'adaptant au collimateur du spectroscope, destinés à recevoir les tubes spectro-électriques à solutions de

- MM. Delachanal et Mermet, les tubes à gaz, les cuves pour l'absorption, avec une série de chlorures types ; le tout dans un nécessaire en arajou 160 f.
- (Séance de la Société de physique, 19 novembre 1875.)
Ces divers tubes et accessoires se vendent séparément.
- 495 **Bobine d'induction** de 40 à 400 f.
- 496 **Lampe Bunsen**, à hydrogène seul 45 f.
- 496 bis **Lampe Bunsen**, à hydrogène et oxygène, *Fig. 52* 20 f.
- 497 **Spectroscope** à vision directe, ayant à volonté une dispersion simple ou triple 600 f.
- Spectrophotomètres.** Voir n°s 105, 109.
- Appareils divers.** Voir n°s 420, 421.

SPECTRES

SPECTRES PEINTS SUR TOILE

- 498 **Grand tableau** représentant le spectre solaire avec les raies de Fraunhofer, longueur 1 m. 50, hauteur 0 m. 60 100 f.

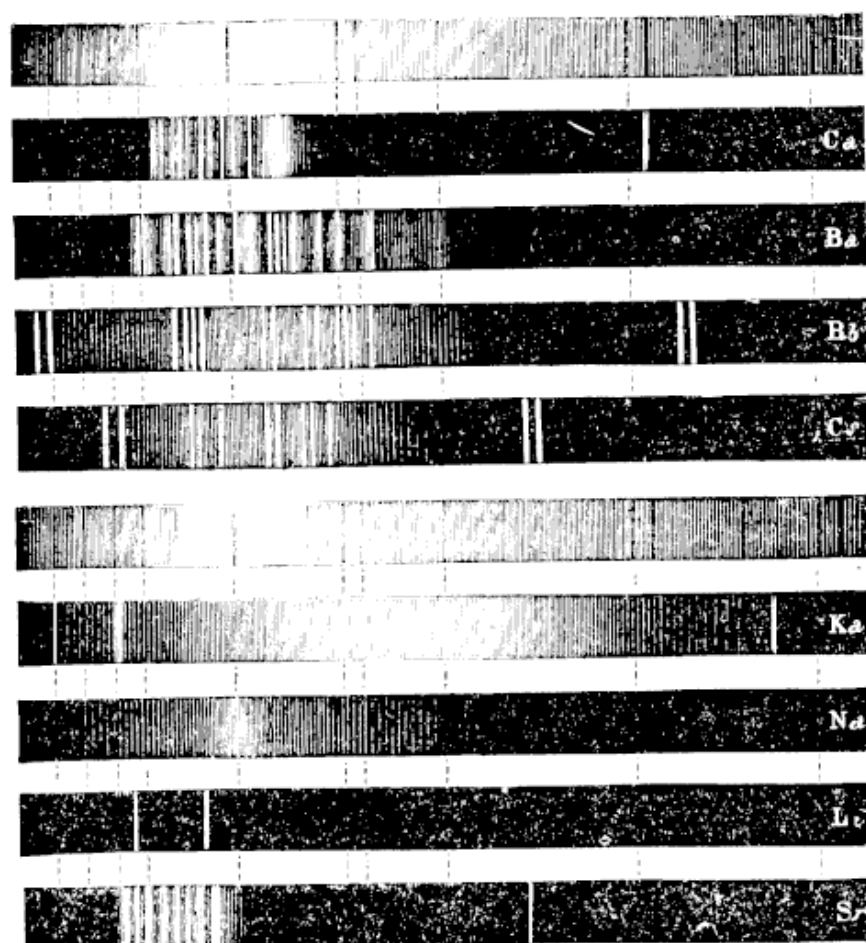


Fig. 53.

198 <i>bis</i>	Grand tableau représentant le spectre normal et huit spectres des principaux métaux alcalins. <i>Fig. 53</i> , hauteur 1 m. 50, largeur 1 mètre.	150 f.
199	Grand tableau représentant le spectre solaire, le spectre des réseaux, le spectre d'une bougie, hauteur 1 m., longueur 1 m. 50	150 f.

SPECTRES EN CHROMOLITHOGRAPHIE

200	Spectre solaire par diffraction.	15 f.
201	Deux tableaux des spectres des métaux. Chaque 10 fr.	20 f.
201 <i>bis</i>	Les mêmes encadrés.	53 f.
202	Tableau des spectres des étoiles.	10 f.

SPECTRES POUR PROJECTION, PHOTOGRAPHIES COLORIÉES

203	Spectre solaire avec raies de Fraunhofer	12 f.
204	Spectres de tous les métaux. Sur chaque cliché deux métaux.	12 f.
204 <i>bis</i>	Spectres stellaires et des nébuleuses. Chaque . .	12 f.
Les n ^{os} 203, 204, 204 <i>bis</i> se placent sur les appareils n ^{os} 60, 61, 61 <i>bis</i> , 77.		

205	Grands tableaux de M. Voigt , permettant d'indiquer aux élèves les positions des raies des métaux, ou des raies stellaires; on projette sur ces tableaux noirs le spectre, et dans des portefiges disposés à cet effet, on met des tiges en cuivre poli, qui prennent la couleur qui correspond à chaque partie. Longueur du tableau 1 m. 50. Avec spectre solaire de comparaison. Chaque tableau comprend trois spectres de métaux. Chaque	50 f.
-----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------

ABSORPTION

206	Appareil à gaz nitreux , pour la production des raies d'absorption dans le spectre.	25 f.
207	Ballon pour contenir la vapeur d'iode, destinée à faire naître des bandes obscures dans le spectre.	25 f.
208	Appareil pour observer les raies du spectre, à travers une colonne liquide d'épaisseur variable. Une règle divisée indique l'épaisseur de la colonne liquide.	200 f.

- 209 **Verres colorés**, montrant l'absorption de certains rayons du spectre..... de 1 à 3 f.
Radioscope M. J. Violle. Voir n° 93.

CHALEUR OBSCURE, RADIOPHONIE

- 210 **Appareil de Tyndall**, pour montrer les effets dits de calorescence ou de chaleur obscure..... 75 f.
 211 **Radiophone** suivant M. Mercadier, permettant de montrer les effets de radiations obscures, au moyen d'un thermophone à lame de laiton recouverte de noir de fumée, ou à lame de mica. Quatre séries de trous et un clavier relevant ou abaissant les écrans situés sur le trajet du rayon.
 Les quatre séries de trous sont dans un rapport tel, qu'ils donnent l'accord parfait..... 350 f.

MÉLANGE DES COULEURS, RÉCOMPOSITION DE LA LUMIÈRE BLANCHE

- 212 **Appareil** composé de sept miroirs à l'aide desquels on peut réunir à volonté par réflexion, deux ou plusieurs couleurs du spectre; on toutes les couleurs et recomposer la lumière blanche. 100 f.

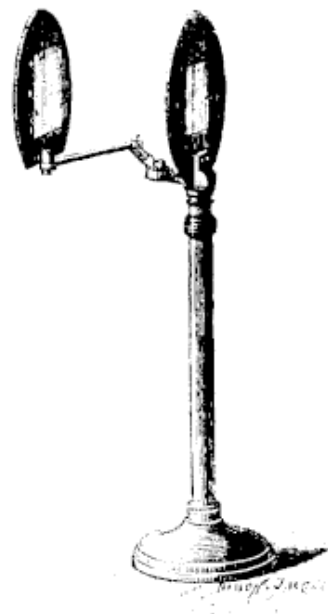


Fig. 54.

Disques de Newton. Voir illusions d'optique, n° 375.

- 213 **Deux verres** de couleur complémentaire, montés en forme de lorgnon..... 40 f.

Ouverture rectiligne triple, permettant de superposer en projection deux ou trois spectres et montrer le mélange des couleurs. Voir n° 46.

- 214 **Lentille cylindrique**, assemblée à un double prisme; servant à la récomposition de la lumière primitivement dispersée par un prisme.

Cette lentille est munie d'un prisme double d'un très petit angle réfringent, pour séparer une partie des rayons et donner naissance aux teintes complémentaires. *Fig. 54*. Ce dispositif a été imaginé par M. Jules Duboseq.

FLUORESCENCE, PHOSPHORESCENCE

- 215 **Appareil de Stokes**, pour l'étude et la projection des phénomènes de fluorescence.
Cet appareil est composé de deux prismes et d'une lentille en quartz..... de 200 à 300 f.
- 216 **Diaphragme** à verre violet pour les expériences de Stokes. 15 f.
- 217 **Plaque en verre d'Urané**, travaillée pour les expériences de fluorescence..... de 40 à 45 f.
- 218 **Cube en verre d'Urané**..... de 45 à 50 f.
- 219 **Cuve** id. de 10 à 25 f.
- 220 **Cuve** pour le bichromate de potasse..... 15 f.
- 221 **Cuve** à faces parallèles en glace, pour contenir les liquides fluorescents; longueur 80^{mm}, hauteur 50^{mm}, épaisseur 50^{mm}, de 20 à 50 f.
- 222 **Cube en spath fluor**..... de 40 à 80 f.
- 223 **Lentilles** id. de 50 à 100 f.
- 223 bis **Lentilles en spath d'Islande**..... de 25 à 100 f.
- 224 **Cuve à faces parallèles en quartz**. Dimensions pour les phosphoroscopes, n°s 227, 227 bis..... de 40 à 60 f.
- 225 **Prisme creux, à côtés en quartz**..... de 80 à 100 f.
- 226 **Lentilles en quartz**..... de 60 à 100 f.
- Phosphoroscopes de M. Ed. Becquerel**. Appareils destinés à montrer que tous les corps deviennent phosphorescents pendant un temps plus ou moins long à partir d'une certaine durée d'insolation.
- 227 **Grand phosphoroscope de M. Ed. Becquerel**, monté sur bâtis en fonte, socle en acajou. Système d'engrenages

hélicoïdaux. *Fig. 55.* Cet appareil est muni de deux étriers rentrant dans le corps du phosphoroscope; dans l'un se montent deux cuves à faces parallèles pour les poudres; dans l'autre une série de supports pour l'observation des cristaux.

Le premier appareil de ce genre a été construit par la Maison, en 1853, sur les indications de M. **Ed. Becquerel**. 450 f.

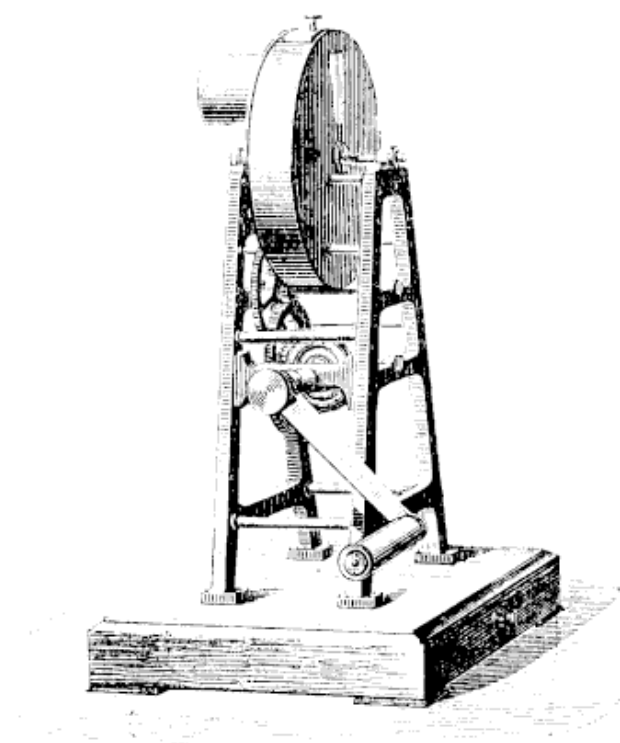
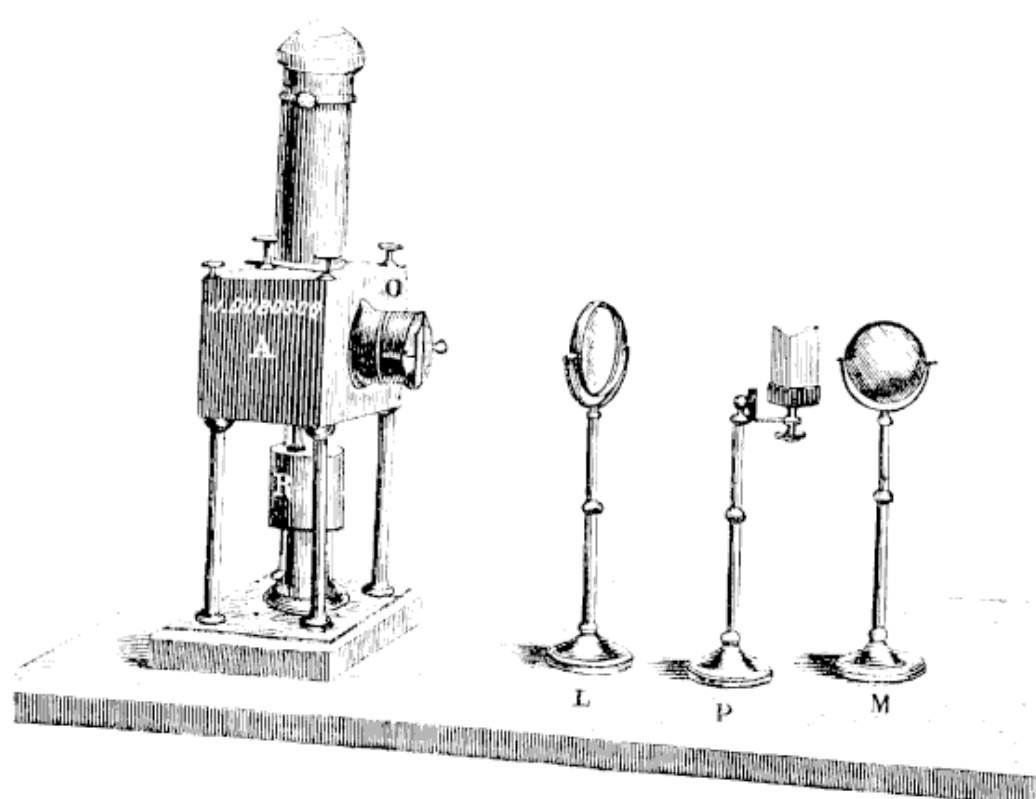


Fig. 55.

227 bis	Grand phosphoroscope de démonstration, de M. Ed. Becquerel	450 f.
227 ter	Petit phosphoroscope de M. Ed. Becquerel, s'adapte sur la partie éclairante du microscope solaire ou électrique n° 52 ou n° 228	120 f.
228	Système éclairant quand on n'a pas de microscope	20 f.
229	Tubes phosphorescents contenant des poudres, de 10 à	50 f.
230	Tubes Plücker contenant des gaz de 5 à	10 f.
231	Tubes phosphorescents contenant des liquides de 5 à	50 f.
232	Tableaux composés de différentes poudres phosphorescentes de 30 à	100 f.
233	Tube contenant du sulfure de calcium de 5 à	20 f.
234	Tube id. sulfure de baryum de 5 à	20 f.
235	Tube id. sulfure de strontium de 5 à	20 f.



Projection des Spectres

236	Tube contenant du sélénure de strontium.....	de 15 à	25 f.
237	Tube id. sélénure de baryum.....	de 15 à	25 f.
238	Sulfate de Quinine dissous dans l'acide tartrique pour montrer l'action des rayons violets et ultra violets,		10 f.
239	Chlorophylle dissoute dans l'alcool.....		8 f.

d'un diaphragme percé de trous suivant deux diamètres, et les aberrations de réfrangibilité au moyen d'un diaphragme ouvert suivant une bande circulaire près du bord de la lentille.

120 f.
110

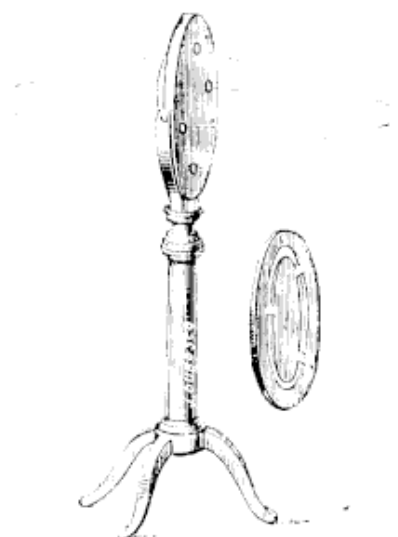


Fig. 56.

- 247 **Appareil** pour montrer en quoi consiste et comment on obtient l'*achromatisme*, au moyen de lentilles combinées, 140 f.
- 248 **Lentilles achromatiques**, montées sur pied, distance focale 0 m. 50 diamètre de 0 m. 06 à 0 m. 10

—	0	60	—	—	
—	0	80	—	—	
—	1	»	—	—	
—	2	»	—	—	de 80 à 150

Servent pour la projection des raies du spectre solaire. (Expérience de **Fraunhofer**.)

- 249 **Lentille biconcave**, pour être placée au porte-lumière solaire, afin de donner des rayons divergents pour l'appareil à projection verticale, n° 77. 30 f.
- Se monte sur les nos 3, 41.

Lentilles en spath fluor, spath d'Islande, quartz. Voir fluorescence, nos 223, 223 *bis*, 226.

Lentille cylindrique. Voir 244.

- 250 **Appareil du docteur Cusco.** Lentille à foyer variable. Se compose de deux glaces minces maintenues à distance par un petit cylindre en cuivre, dans l'intervalle desquelles on introduit de l'eau que l'on comprime graduellement; on fait ainsi varier le foyer de la lentille. 100 f.

LENTILLES A ÉCHELONS

- 251 **Lentilles à échelons de Fresnel**, montées sur pied et munies d'un porte-creuset pour la fusion des métaux..... 2700 f.
- 252 **Lentilles** à cinq anneaux et lentille centrale de 774^{m/m} de diamètre et 920^{m/m} de distance focale principale..... 2200 f.
- 253 **Lentilles** id., 716^{m/m} de diamètre, 700^{m/m} de foyer..... 1500 f.
- 254 **Lentilles**, 478^{m/m} de diamètre, 500^{m/m} de foyer, à trois anneaux et lentille centrale..... 900 f.
- 255 **Lentilles**, à deux anneaux et lentille centrale. Diamètre 404^{m/m}, foyer 500^{m/m}..... 650 f.
- 256 **Lentilles**, à deux anneaux et lentille centrale. Diamètre 350^{m/m}, foyer 400^{m/m}..... 550 f.
- 257 **Lentilles** id., diamètre 300^{m/m}, foyer 250^{m/m}..... 450 f.
- 258 **Lentilles** id., diamètre 180^{m/m}, foyer 150^{m/m}..... 350 f.
- Tous ces modèles de lentilles ont été construits par la Maison sous la direction de **Fresnel**, par **Soleil grand père**, en 1818.
- 259 **Focomètre de Silbermann**, permettant de mesurer facilement les distances focales des lentilles convergentes ou divergentes.
- Présenté à l'*Académie des sciences*, le 22 février 1842 et décrit dans l'*Astronomie physique* de **Biot**..... 300 f.



CHAPITRE IX.

DÉTERMINATION DE LA VITESSE DES ONDES LUMINEUSES

Dans les différents Milieux

INDICES DE RÉFRACTION DES CORPS SOLIDES,
LIQUIDES, GAZEUX

- 260 **Goniomètre de Babinet.** *Fig. 57.* Permettant de mesurer les angles des cristaux ou des prismes, de déterminer les indices de réfraction des corps transparents prismatiques.
Cet appareil est muni de deux lunettes; l'une faisant office de collimateur donnant des rayons parallèles, l'autre pour l'observation 260 f.
Le premier appareil a été construit par la maison et présenté à l'Académie des sciences, le 6 mai 1839.

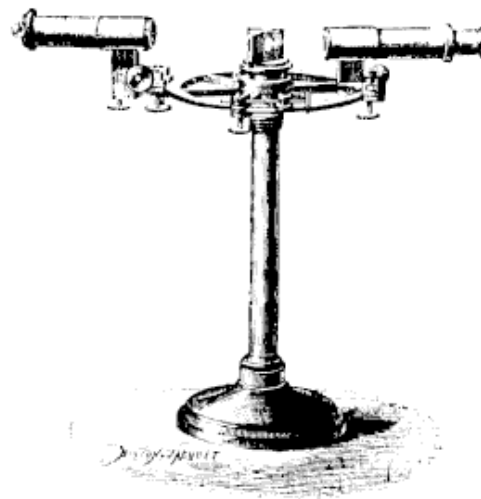


Fig. 57.

- 260 bis **Le même,** avec addition d'un système oculaire auto-collimateur, permettant de mesurer les angles avec une seule lunette 280 f.

modèle plus grand
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

- 261 **Prisme creux**, pour contenir les liquides; se place sur le goniomètre 260, 260 *bis*. 25 f.
- Spectroscope horizontal goniomètre**. Voir n° 182.
- Grand cercle de M. Jamin**. Voir n° 334. *Fig.* 71.
- 262 **Appareil de Dulong et Petit**, pour la mesure des indices de réfraction des corps gazeux.
- Le premier appareil perfectionné a été construit par la Maison pour l'École polytechnique, cours de **M. Jamin** (1850).
- Cet appareil est muni d'un collimateur afin d'éviter l'emploi d'une mire très éloignée, le prisme est mobile et peut être remplacé par d'autres, une lunette articulée sert au pointage; le tout est monté sur une colonne en fonte à pied à vis calantes. 500 f.
- 263 **Réfractomètre Bernard**. Cet appareil est fondé sur le déplacement que subit un rayon lumineux qui traverse obliquement une lame à faces parallèles. Il permet de trouver les indices de réfraction des corps transparents terminés par des faces planes et parallèles.
- Afin d'obtenir la concordance absolue des observations on se sert de la même vis pour mesurer les déplacements de la mire et les épaisseurs des lames. 500 f.
- Le premier appareil a été construit par la Maison pour **M. Bernard**, en 1851.

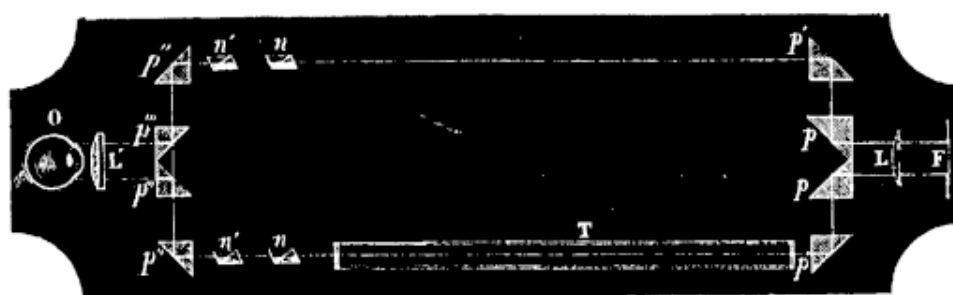


Fig. 58.

- 264 **Réfractomètre interférentiel de Bernard**.
Voir *Fig.* 58. 1500 f.
- 265 **Réfractomètre interférentiel de M. Jamin**,
permet de faire interférer deux rayons qui ont marché pendant quelque temps à une certaine distance l'un de l'autre.
- Cet appareil sert à déterminer les indices de réfraction des corps très peu réfringents ou ceux d'un même corps dans des états réfringents très peu différents.

La sensibilité de cet appareil est *extrême* au point de vue de la chaleur.

Cet appareil se compose de deux glaces parallèles épaisses, argentées à la partie postérieure, travaillées dans le même morceau de cristal, placées parallèlement entre elles sous un angle de 45° avec l'axe de l'appareil.

Le rayon lumineux incident traverse une lentille cylindrique, pour en limiter le champ.

Le rayon réfléchi sur la première surface de la glace et celui réfléchi sur la seconde surface après qu'il a été réfracté dans l'intérieur de la glace, cheminant à distance, sont reçus sur la seconde glace, montée sur un support qui possède deux mouvements; on obtient le phénomène des interférences, par un léger déplacement.

Une lunette de **Galilée** permet l'observation des franges. Le compensateur de **M. Jamin**, composé de deux lames de glace parallèles, et identiques, permet de faire réapparaître les franges qui ont disparu par l'interposition d'un liquide ou d'un gaz sur le trajet de l'un des rayons; un tambour divisé donne l'angle des deux glaces. 700 f.

266 **Réfractomètre interférentiel d'Arago**, construit par **Soleil père** et **Jules Duboscq**, en 1846. Cet appareil se compose d'un collimateur avec ouverture rectiligne. Devant l'objectif du collimateur un fil de **Grimaldi** de 2 millimètres donne les interférences. Dans chaque partie d'un double tube de 1 mètre fermé à ses extrémités par deux glaces identiques et parallèles passent les deux rayons. A la sortie du tube double une paire de glaces identiques et parallèles, reçoit les rayons et mesure angulairement la réfraction. Une lunette permet l'observation 750 f.

267 **Réfracteur interférentiel de M. Mascart**. Voir journal de physique, tome III, 1874. Les tubes ont 1 mètre de longueur. Les parallélépipèdes ont un mouvement de rotation pour la mesure.

Sans le spectroscope. 1400 f.

CHAPITRE X.

THÉORIE DES VIBRATIONS LUMINEUSES

Suivant des Directions constantes

POLARISATION, ONDES ELLIPTIQUES ET SPHÉRIQUES

DOUBLE RÉFRACTION, POLARISATION CHROMATIQUE

POLARISEURS, ANALYSEURS

CRISTAUX A UN AXE, CRISTAUX A DEUX AXES

DICHOÏSME DES CRISTAUX

APPAREILS DE PROJECTION DANS LA LUMIÈRE POLARISÉE

On attribue les *phénomènes lumineux* aux oscillations ou mouvements périodiques extrêmement petits des particules d'un fluide répandu dans tout l'univers et qu'on nomme *Ether*.

Divers motifs font supposer que ces oscillations s'effectuent perpendiculairement à la direction suivant laquelle le rayon lumineux se propage. Ces oscillations s'accomplissent généralement suivant une ellipse dont le grand axe se dirige d'une façon quelconque et incessamment variable dans le même plan. C'est ainsi qu'est constituée la *lumière naturelle*.

Si ces axes s'orientent tous parallèlement entre eux la lumière est dite *polarisée*. Elle se distingue de la lumière naturelle par des propriétés spéciales.

On sait que deux rayons lumineux s'ajoutent ou s'entredétruisent quand ils se rencontrent dans certaines conditions. Ils *interfèrent positivement* dans le premier cas *négativement* dans le second.

C'est là, une découverte capitale faite par GRIMALDI, en 1665. Ces phénomènes s'expliquent en admettant que les rayons, ayant même direction, se sont croisés dans des phases de vibration semblables ou différentes.

Les *phénomènes de polarisation* s'expliquent par la rencontre de deux rayons qui vibrant dans des directions rectangulaires entre elles, sont dans des phases différentes. Une différence de phase nulle détermine la *polarisation linéaire* ou *rectiligne*. Le grand axe de l'ellipse subsiste seul. Une différence d'un quart ou de trois quarts de longueur d'onde produit (si les intensités sont égales) la *polarisation circulaire*, les deux axes de l'ellipse sont devenus égaux et la courbe est un cercle. Pour toute autre valeur de la différence des phases, la *polarisation est elliptique*.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Polarisation rectiligne. — *Trois procédés principaux permettent de polariser rectilignement la lumière naturelle.*

La réflexion, la réfraction simple, la réfraction double.

1^o *La réflexion* doit avoir lieu sur une surface non métallique. Un rayon naturel tombant sur une lame d'obsidienne ou de verre noir, sous un angle de $54^{\circ}45'$ (angle indiqué par MALUS), compté à partir de la normale, est réfléchi *polarisé rectilignement*. Le plan d'incidence se nomme *plan de polarisation*, la lame de verre le *polariseur*. Ce rayon vient-il à rencontrer sous le même angle une deuxième lame de verre, appelée *analyseur*, on constate qu'il est éteint, quand le second plan de réflexion est à angle droit sur le premier, totalement réfléchi quand ces plans sont parallèles, et prend, dans les azimuts intermédiaires de ces plans, une *intensité proportionnelle au carré du sinus de ces azimuts*. C'est la loi de MALUS (1808).

Pour que le rayon soit complètement polarisé, il doit rencontrer le polariseur sous un angle qu'on appelle angle de polarisation, qui varie d'une substance à l'autre, suivant une loi découverte par BREWSTER. Cette loi consiste en ce que *la tangente de l'angle de polarisation est égale à l'indice de réfraction du polariseur par rapport à l'air*.

2^o *La réfraction simple*, à travers un certain nombre de lames transparentes, à faces parallèles d'un corps non cristallisé. On emploie ordinairement le verre, et l'appareil porte le nom de *pile de glaces*. Il sert indifféremment de polariseur et d'analyseur.

Un rayon de lumière naturelle sort de la pile de glaces plus ou moins polarisé dans un plan *perpendiculaire* à celui d'incidence. Analysé avec le miroir de verre noir, *il est éteint* quand les plans d'incidence sur la pile et sur le miroir sont parallèles, et prend pour les autres positions, une intensité proportionnelle au carré du cosinus de l'angle de ces plans.

3^o *La réfraction double*, à travers un cristal de spath d'Islande ou tout autre corps biréfringent à un axe. Quand le pinceau naturel et simple en ressort double, chaque rayon a une intensité égale, valant la moitié de celle de la lumière incidente. L'un des rayons émergents s'appelle *ordinaire*, l'autre *extraordinaire*. Le premier est totalement *polarisé linéairement* dans le plan de la section principale, le second dans un plan perpendiculaire. De là l'emploi des corps biréfringents de préférence aux miroirs et aux piles de glace pour polariser linéairement la lumière et l'analyser. (Lames de tourmaline, Prisme de NICOL, prisme de FOCALT, etc., etc.)

Polarisation circulaire. — Pour réaliser la *polarisation circulaire*, on emploie ordinairement une plaque de cristal de roche, taillée perpendiculairement à l'axe. Un rayon étant d'abord polarisé linéairement, subit dans cette plaque une altération qui se traduit par le fait que son plan de *polarisation tourne* (de droite à gauche ou de gauche à droite, suivant le groupement moléculaire du cristal) *d'un angle proportionnel à l'épaisseur de la plaque*. C'est la loi de BIOT et ARAGO.

Divers liquides, les solutions de sucre, par exemple, jouissent de la même propriété qui a été utilisée pour la *saccharimétrie* (SOLLE, père). Ce phénomène a lieu parce que en traversant le corps interposé sur sa route le rayon se divise en deux rayons polarisés circulairement, dont les vitesses sont différentes.

Polarisation elliptique. — *La polarisation elliptique s'obtient, comme BREWSTER l'a découvert en 1813, en faisant réfléchir de la lumière sur une surface métallique.*

FRESNEL reconnut presque aussitôt qu'on transforme un rayon polarisé rectilignement

en un rayon à polarisation elliptique, quand on lui fait subir une réflexion totale au sein d'un corps transparent. Une deuxième réflexion pareille peut le convertir en un rayon polarisé circulairement.

La polarisation circulaire et la polarisation rectiligne, ne sont que des cas particuliers de la polarisation elliptique.

Un rayon à polarisation rectiligne est totalement éteint par un analyseur placé dans une position convenable.

Un rayon polarisé elliptiquement ne disparaît qu'en partie dans les mêmes circonstances.

Enfin un rayon à polarisation circulaire, ne subit aucune diminution de clarté ; et ressemble à la lumière naturelle.

On doit à M. JAMES de remarquables recherches sur la réflexion métallique et sur ses conséquences (1850).

Les phénomènes de *polarisation chromatique*, les plus admirables que l'œil puisse contempler, furent découverts par ARAGO en 1811. Ils sont le résultat de l'interférence de deux rayons dans lesquels se partage un rayon unique qui traverse un cristal ou un corps biréfringent. Ces rayons parcourent des chemins *égaux* avec des vitesses *inégales*, d'où résultent les différences de phase qui les font interférer à leur sortie et après leur passage dans un analyseur.

Si le rayon qui a traversé le mince corps biréfringent venait du soleil et par conséquent était blanc, tantôt une, tantôt une autre des couleurs du spectre est détruite par interférence. L'œil en voit la complémentaire, c'est-à-dire le mélange de toutes les autres teintes qui brillent du plus vif éclat.

On a fait nombre d'applications utiles de ces principes, soit aux arts industriels, soit à la cristallographie, à la physique moléculaire, à la chimie, à la physiologie.

P. et Pu. P.

DOUBLE RÉFRACTION NATURELLE ET ACCIDENTELLE

- 268 **Rhomboëdre** en spath calcaire, poli sur toutes ses faces, pour montrer la double réfraction naturelle. Deux faces sont taillées perpendiculairement à l'axe pour montrer qu'un rayon qui traverse normalement ces faces ne subit pas la double réfraction. (On se sert de lumière parallèle.) de 40 à 200 f.
- 269 **Appareil** pour répéter l'expérience de **Monge**. Avec cet appareil on montre la marche des rayons à travers un rhombe de spath et leur croisement à l'intérieur du cristal. . . . 140 f.
- 270 **Rhomboëdre** en spath, d'après M. **Desains**. Ce rhombe est travaillé suivant trois directions : parallèle, perpendiculaire et oblique à l'axe ; pour montrer la double réfraction suivant les trois directions ; on se sert de lumière convergente. . . de 80 à 150 f.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

- 271 **Prismes biréfringents en spath**, de différents angles, achromatisés par un crown. Suivant la grosseur de 20 à 80 f.
- 272 **Prisme biréfringent en spath**, à angle variable. Un mouvement de rotation permet de faire varier la distance des deux rayons qui restent toujours sur une même droite... de 25 à 40 f.
- 273 **Prisme biréfringent en cristal de roche**, de 50 à 100 f.
- 274 **Prisme biréfringent en tourmaline**, achromatisé par un crown ; pour montrer que le cristal biréfringent a un rayon qui s'éteint sous une certaine épaisseur et que le rayon extraordinaire reste seul..... 50 f.
- 275 **Prismes biréfringents en spath**, de même angle, disposés pour répéter l'expérience d'**Huygens**. Suivant la position relative des prismes, on a quatre, deux ou une seule image 60 f.
- 276 **Prisme biréfringent en spath**, achromatisé moyen entre les deux rayons, additionné d'un double prisme en crown qui par un mouvement de rotation permet d'achromatiser à volonté le rayon ordinaire ou le rayon extraordinaire..... 60 f.



Fig. 59.

- 277 **Lunette de Rochon**. *Fig. 59*, permettant à l'aide d'un prisme biréfringent en cristal de roche, de mesurer la distance d'un objet dont on connaît la grandeur ou la grandeur connaissant sa distance.
Le prisme est mu dans l'intérieur de la lunette à l'aide d'une crémaillère ou à la main, suivant qu'on veut obtenir un déplacement lent ou rapide.
Le premier appareil a été construit par **Soleil grand père** en 1777, sous la direction de **Rochon**..... 200 f.
- 277 bis **Le même**, petit modèle..... 150 f.
- 278 **Triprisme de Fresnel**. Il est composé de trois prismes en quartz perpendiculaire à l'axe et de rotation inverse pour montrer la double réfraction circulaire suivant l'axe, monté dans une garniture, avec lentille pour la projection..... 45 f.
- 278 bis **Triprisme de Fresnel**, perfectionné par M. **Jamin**... 90 f.

- 279 **Presse double de Soleil père**, pour comprimer simultanément deux parallélépipèdes en spath et en quartz, taillés perpendiculairement à l'axe et montrer ainsi que la double réfraction dans le spath se produit perpendiculairement à la compression et dans le quartz parallèlement à la compression..... 45 f.
- 279 bis **Cube de quartz**..... 20 f.
- 279 ter **Cube de spath** pour la presse, de **Soleil père**..... 20 f.

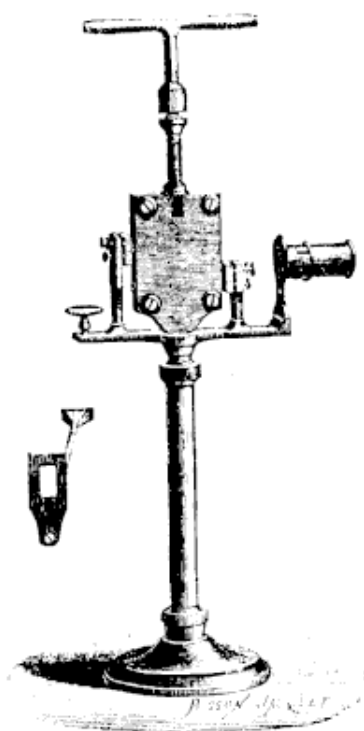


Fig. 60.

- 280 **Appareil de Fresnel**. *Fig. 60*, pour montrer la double réfraction qui se développe dans le verre inégalement comprimé. Cet instrument est muni de deux glaces à faces parallèles pour augmenter l'écartement des rayons par des réflexions successives. Un prisme de **Nicol** sert à démontrer que la double réfraction du verre est négative comme celle du carbonate de chaux et de la tourmaline..... 220 f.
- 280 bis **Le même**, sans les glaces parallèles..... 150 f.
- 281 **Prisme de Guérard** pour montrer que la double réfraction artificielle dans le verre trempé est positive..... 50 f.
- 282 **Appareil** pour répéter l'expérience de **M. Mallard**. La boracite qui est un cristal biréfringent à la température ordinaire, devient subitement monoréfringente à partir d'une température de 265°, puis reprend instantanément sa biréfringence

	au-dessous de 265°. Voir la note de M. Mallard , dans le bulletin de la société minéralogique de France, n° 6, (1882).....	80 f.
282 bis	Boracite , taillée pour l'appareil n° 282.....	3 f.
283	Presse pour comprimer le verre	20 f.
283 bis	Verre de rechange la pièce	2 f.
284	Presse pour courber un parallélépipède de verre	20 f.
284 bis	Verre de rechange	2 f.
285	Appareil pour chauffer un cube de verre.....	25 f.
285 bis	Verre de rechange la pièce	2 f.
286	Collection de verres trempés de diverses formes, pour la lumière polarisée. Planche spéciale n° 16, 17, 18, 19, 20, la pièce	4 f.
287	Appareil de Lloyd , pour les expériences de réfraction conique. On montre avec cet appareil la réfraction conique dans les cristaux biréfringents à deux axes. Avec l'appareil, on donne des modèles en plâtre de la surface de l'onde lumineuse d'après Hamilton	125 f.
288	Appareil de Soleil père , pour mesurer l'angle que font entre eux les axes de double réfraction des substances cristallisées à deux axes. Cet appareil permet aussi de mesurer le diamètre des anneaux donnés par les substances cristallisées à un et à deux axes. Présenté à l'Académie des sciences, 18 mars, 1839.....	250 f.
289	Modèles en plâtre, pour montrer les surfaces des ondes ordinaire et extraordinaire.....	20 f.
	Cette série est celle fournie avec le n° 287.	

POLARISEURS, ANALYSEURS, APPAREILS POUR LA LUMIÈRE POLARISÉE

290	Glace noire polariseur , montée sur pied, pouvant recevoir un mouvement d'inclinaison.....	50 f.
291	Glace noire analyseur , montée sur pied, pouvant tourner autour d'un axe horizontal avec diaphragme.....	60 f.
292	Pile de glaces , montée sur pied..... de 90 à	150 f.
293	Appareil pour faire voir la situation des plans de polarisation et répéter l'expérience de Malus	400 f.

293 bis **Appareil** pour répéter l'expérience de **Malus** en projection.

Fig. 61..... 150 f.

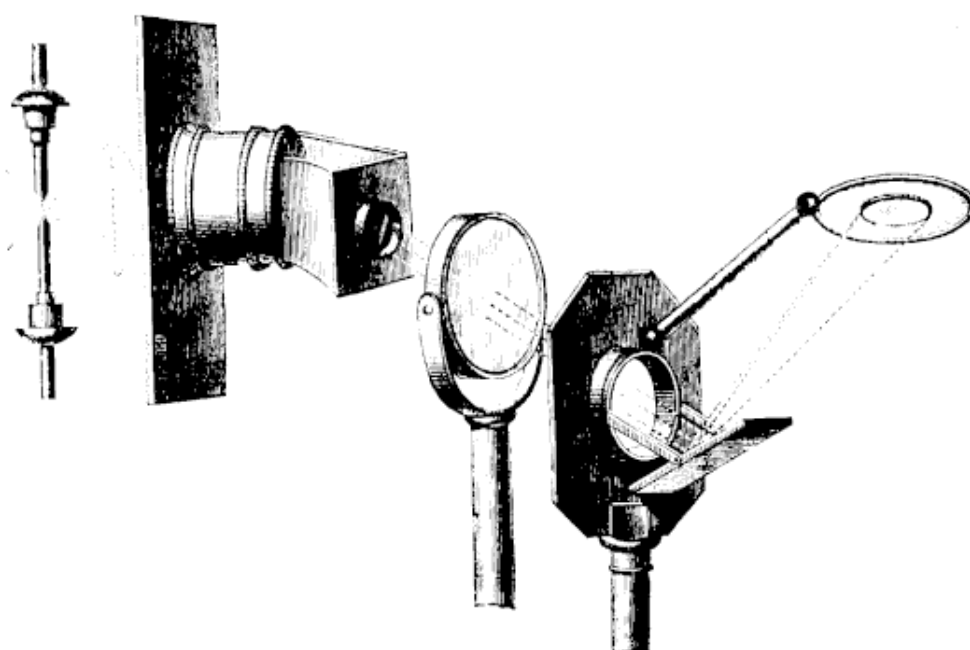


Fig. 61.

- 294 **Appareil de Guérard**, composé d'un cône ou d'une pyramide quadrangulaire, en verre noir, ayant au sommet un angle de 70° ; donne de la lumière polarisée par réflexion dans toutes les directions, autour d'un cercle ou suivant quatre plans à angle droit deux à deux. 70 f.
- 295 **Prisme polariseur de Foucault**, doit être employé dans la lumière parallèle..... de 25 à 400 f.
- 296 **Polariseur et Analyseur Delezenne**, composé d'une glace noire et d'un prisme à réflexion totale. Ce prisme reçoit le rayon incident et l'envoie sous l'angle de polarisation sur la glace noire, celle-ci renvoie le rayon réfléchi suivant la direction du rayon incident..... 40 f.
- 297 **Polariseur et Analyseur Brewster**, par réflexion. 30 f.
- 298 **Prisme Polariseur et Analyseur Nicol**, suivant la grosseur..... de 15 à 4000 f.
- 299 **Prisme biréfringent, Polariseur et Analyseur de Sénarmont**. Composé d'un prisme en spath oblique à l'axe achromatisé par un spath perpendiculaire, de manière à ce que le rayon passe sans déviation..... de 40 à 100 f.
- 300 **Tourmaline** parallèle à l'axe ; polariseur et analyseur de..... 20 à 50 f.

- 301 **Appareil** portant deux plaques de tourmaline, taillées parallèlement à l'axe et que l'on peut croiser à angle droit, pour faire voir l'extinction de la lumière polarisée; un petit intervalle ménagé entre les deux plaques permet d'interposer une lame de mica et de rétablir ainsi la lumière éteinte par le croisement des tourmalines. S'adapte aux nos 3, 36, 41. 60 f.



Fig. 62.

- 302 **Pince à tourmalines**, imaginé par **Arago**. *Fig. 62* de. 15 à 50 f.
- 303 **Pince à tourmalines d'Arago** perfectionnée par **M. Bertin**. Les deux tourmalines se déplacent parallèlement; l'une des tourmalines est mobile à centre devant une division, ce qui donne au moyen d'un index l'angle des tourmalines. . . . 400 f.
- 304 **Pince à hérapatites** pouvant remplacer la pince à tourmalines. de 20 à 50 f.
- 305 **Deux parallélépipèdes de Fresnel**, pour produire la polarisation circulaire. 40 f.
- 306 **Deux lames de mica** ayant l'épaisseur dite d'un quart d'onde, pour produire la lumière polarisée circulairement. . . . 42 f.
- 307 **Appareil de Norremberg** pour l'étude de la lumière polarisée avec lentille de champ. 160 f.
- 307 bis **Appareil de Norremberg**, perfectionné par **Wheatstone** et muni d'un microscope polarisant d'**Amici**. *Fig. 63*.
On peut incliner l'axe de cet appareil de manière à transmettre à l'œil de l'observateur des rayons lumineux polarisés elliptiquement par réflexion sur des miroirs métalliques. 600 f.
- 307 ter **Appareil de Norremberg**, disposé pour observer les phénomènes de polarisation que présentent les cristaux à un axe et à deux axes, dans la lumière parallèle et dans la lumière convergente.
Un microscope d'**Amici**, adapté à l'appareil, permet d'observer la direction des axes et d'en mesurer l'angle.
L'observation peut être faite dans l'air ou dans les liquides dont on peut faire varier la température. 600 f.

- 308 **Analyseur à lame d'argent de M. Bertin**, pour la polarisation elliptique, par réflexion, des surfaces métalliques. Se place sur les nos 307, 307 bis, 307 ter..... 75 f.

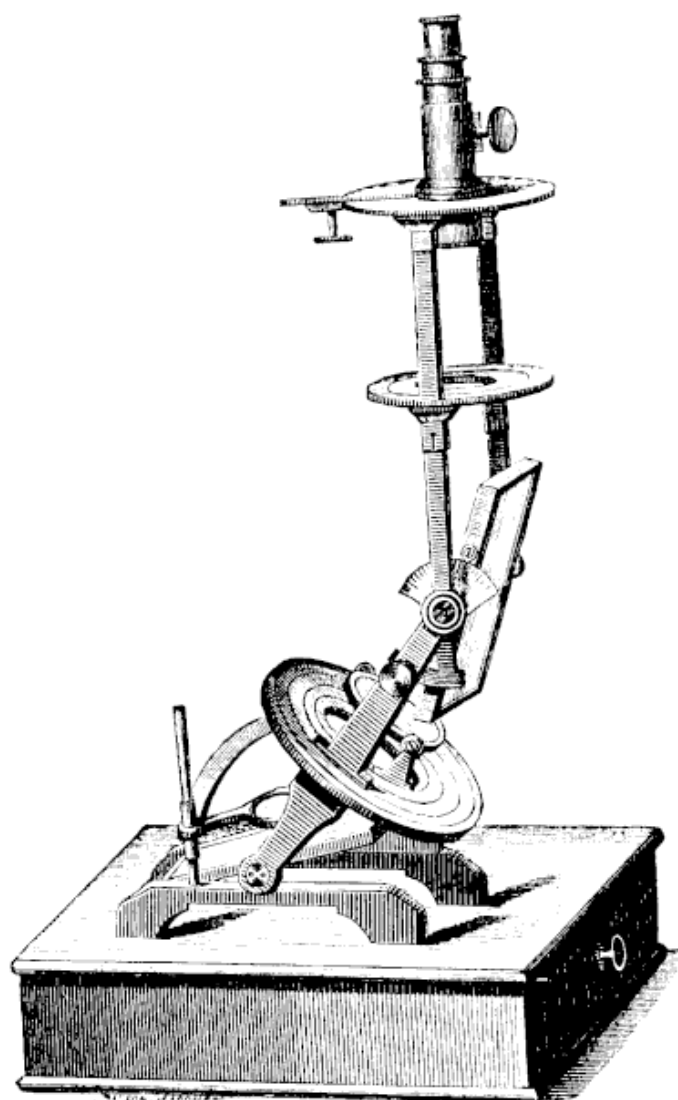


Fig. 63.

- 309 **Microscope polarisant, petit modèle**. Système d'Amici, et de Norremberg, pour l'observation des cristaux bi-axes. Présenté à l'Académie des Sciences, 1^{er} juillet 1844..... 200 f.
- 309 bis **Le même**, avec support horizontal et étuve pour chauffer les cristaux ; sert à mesurer les axes à différentes températures : avec goniomètre..... 420 f.

POLARISCOPES

- 310 **Polariscope de Babinet** montrant la polarisation au moyen d'un verre trempé, un Nicol comme analyseur. 35 f.
- 311 **Polariscope de Savart**, donnant des franges au moyen de deux plaques de quartz taillées à 45° de l'axe et à axes croisés; une tourmaline comme analyseur. 25 f.
- 312 **Polariscope d'Arago**, muni d'une plaque à deux rotations de **Soleil père**, servant à faire connaître la direction du plan de polarisation; un prisme biréfringent comme analyseur. 35 f.
- 313 **Polariscope de Sénarmont**, donnant des franges par quatre prismes de quartz perpendiculaires et de rotation inverse, accolés deux à deux; un Nicol comme analyseur. 40 f.
- 314 **Polariscope de Bravais** à teinte plate, au moyen de deux lames de mica taillées à 45° de l'axe et à axes croisés; un Nicol comme analyseur. 35 f.
- Cyanopolarimètre d'Arago**. Voir n° 411, 411 bis.
- 315 **Horloge chromatique de Wheatstone**. Cet appareil donne l'heure d'après la position du plan de polarisation de la lumière du ciel pur. L'instrument est muni d'un cercle gradué pour l'étude de la polarisation du ciel et pour la recherche des points neutres, indiqués par **Arago**, **Brewster**, **Babinet**. . . 350 f.
- Actinomètre thermo-électrique de M. Desains**
Voir n° 445.

COMPENSATEURS

- 316 **Compensateur de Babinet**, composé de deux prismes de quartz parallèles et à axes croisés, monté sur liège. 20 f.
- 317 **Compensateur de Babinet**, modifié par M. **Jamin**, monté avec tambour divisé. 90 f.
- 318 **Compensateur à teinte plate de Bravais**, quartz parallèles. 90 f.
- 319 **Compensateur à teinte plate de H. Soleil**, quartz parallèles. 90 f.
- 320 **Compensateur de Soleil père**, composé de 2 quartz perpendiculaires prismatiques donnant un maximum d'épaisseur d'un millimètre de quartz. 50 f.
- 320 bis **Le même**, donnant de 1 à 10 millimètres de quartz, pour les recherches de laboratoire. 100 f.

POLARISATION CHROMATIQUE

Cristaux à un axe; à deux axes.

MAISON JULES DUBOSCQ

21, Rue de l'Odéon.

Fig:1.



Fig:2.



Fig:3

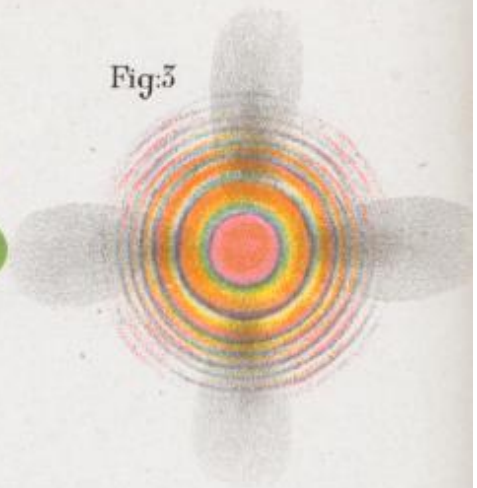


Fig: 4.

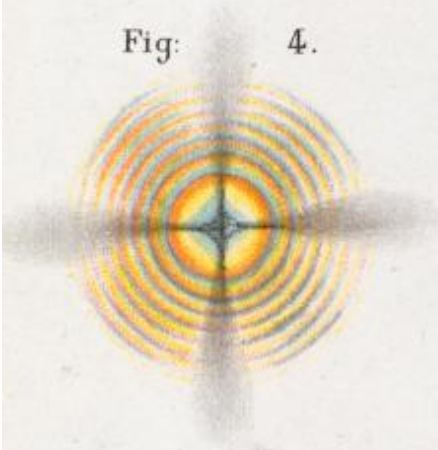


Fig: 5.

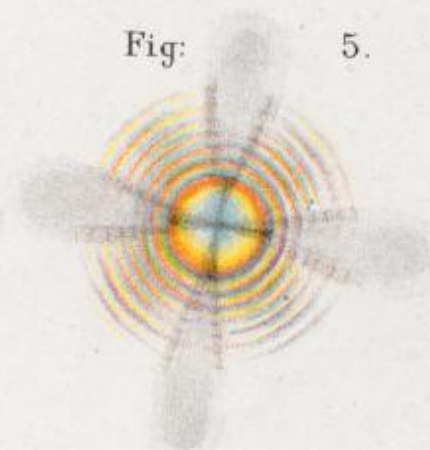


Fig:6.

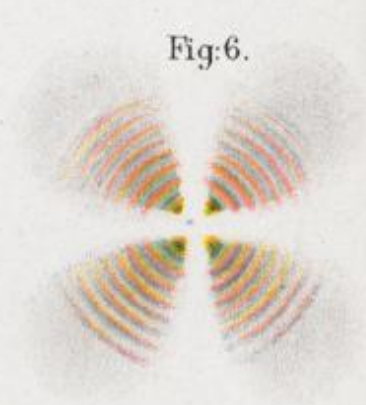


Fig:7.



Fig: 8.

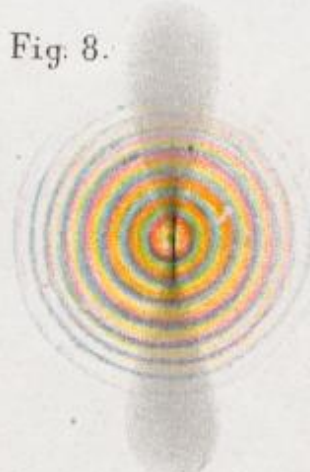


Fig: 9.

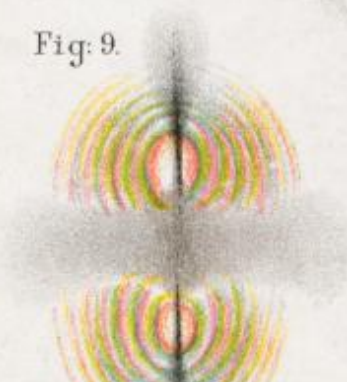


Fig:10.



Fig:11.



PLANCHES DES CRISTAUX.

VUS DANS LA LUMIÈRE POLARISÉE.

Fig. 1. *Polarisation chromatique et rotatoire.*Fig. 2. *Polarisation chromatique et rotatoire.*

CRISTAUX A UN AXE

Fig. 3. *Quartz perpendiculaire; polariseur et analyseur à axes croisés.*Fig. 4. *Spath perpendiculaire; polariseur et analyseur à axes croisés.*Fig. 5. *Spath perpendiculaire; polariseur et analyseur à 45°.*Fig. 6. *Spath perpendiculaire; polariseur et analyseur à 90°.*

CRISTAUX A DEUX AXES

Fig. 7. *Plomb carbonaté. Polariseur et analyseur à axes croisés.*Fig. 8. *Plomb carbonaté taillé suivant un des axes. Polariseur et analyseur à axes croisés.*Fig. 9. *Nitre polariseur et analyseur à axes croisés.*Fig. 10. *Nitre polariseur et analyseur à 45°.*Fig. 11. *Nitre polariseur et analyseur à 90°.*

ASSEMBLAGE DE DEUX CRISTAUX

Fig. 12. *Deux Quartz parallèles à l'axe et à axes croisés (hyperboles DELZENNE).*Fig. 13. *Deux Quartz perpendiculaires à l'axe et inclinés l'un sur l'autre (DELZENNE).*Fig. 14. *Deux Quartz obliques et à axes croisés (franges de SAVART.)*Fig. 15. *Deux Quartz perpendiculaires et de rotation inverse (Spirales d'AIRY).*

VERRES TREMPÉS

Fig. 16. *Verre trempé, polariseur et analyseur, axes croisés.*Fig. 17. *Verre trempé, polariseur et analyseur à 90°.*Fig. 18. *Verre trempé, polariseur et analyseur à 45°.*Fig. 19. *Verre trempé, polariseur et analyseur, axes croisés.*Fig. 20. *Verre trempé, polariseur et analyseur à 45°.*Fig. 21. *Couleurs dans les lames minces parallèles à l'axe.*

PLANCHES DES CRISTAUX

VUS DANS LA LUMIÈRE POLARISÉE

Fig. 1. *Polarisation chromatique et rotatoire.*

Fig. 2. *Polarisation chromatique et rotatoire.*

CRISTAUX A UN AXE

Fig. 3. *Quartz* perpendiculaire : polariseur et analyseur à axes croisés.

Fig. 4. *Spath* perpendiculaire : polariseur et analyseur à axes croisés.

Fig. 5. *Spath* perpendiculaire : polariseur et analyseur à 45°.

Fig. 6. *Spath* perpendiculaire : polariseur et analyseur à 90°.

CRISTAUX A DEUX AXES

Fig. 7. *Plomb carbonaté*, Polariseur et analyseur à axes croisés.

Fig. 8. *Plomb carbonaté* taillé suivant un des axes, Polariseur et analyseur à axes croisés.

Fig. 9. *Nitre* polariseur et analyseur à axes croisés.

Fig. 10. *Nitre* polariseur et analyseur à 45°.

Fig. 11. *Nitre* polariseur et analyseur à 90°.

ASSEMBLAGE DE DEUX CRISTAUX

Fig. 12. *Deux Quartz parallèles* à l'axe et à axes croisés (hyperboles DELEZENNE).

Fig. 13. *Deux Quartz perpendiculaires* à l'axe et inclinés l'un sur l'autre (DELEZENNE).

Fig. 14. *Deux Quartz obliques* et à axes croisés (franges de SAVART.)

Fig. 15. *Deux Quartz perpendiculaires* et de rotation inverse (Spirales d'AMY).

VERRES TREMPÉS

Fig. 16. *Vitre trempé*, polariseur et analyseur, axes croisés.

Fig. 17. *Vitre trempé*, polariseur et analyseur à 90°.

Fig. 18. *Vitre trempé*, polariseur et analyseur à 45°.

Fig. 19. *Vitre trempé*, polariseur et analyseur, axes croisés.

Fig. 20. *Vitre trempé*, polariseur et analyseur à 45°.

Fig. 21. *Couleurs* dans les lames minces parallèles à l'axe.

CRISTAUX A UN AXE

1. **Quartz** droit perpendiculaire à l'axe. *Fig. 3*... de 5 à 40 f.
2. **Quartz** gauche id. de 5 à 10 f.
3. **Quartz** à deux rotations naturelles..... de 10 à 50 f.
4. **Quartz** à deux rotations artificielles..... de 10 à 20 f.
5. **Quartz** à deux rotations contiguës..... de 10 à 20 f.
6. **Deux quartz** de rotation inverse avec plagiède indiquant le sens de la rotation..... de 20 à 30 f.
7. **Quartz** oblique à l'axe..... de 5 à 40 f.
8. **Quartz** anormal..... de 5 à 10 f.
9. **Quartz** agate de 5 à 10 f.
10. **Quartz** parallèle mince rouge pour les couleurs complémentaires..... 5 f.
11. **Quartz** parallèle mince donnant la teinte sensible..... 8 f.
12. **Quartz** parallèle mince taillé en sphère concave d'après Biot
- Avec les nos 11 et 12 on peut répéter les expériences de **Plüker** 20 f.
13. **Quartz** moitié droit, moitié gauche, perpendiculaire et taillé plan concave..... 25 f.
14. **Deux quartz** prismatiques perpendiculaires à l'axe, et de rotation inverse donnant des franges (**Soleil père**)..... 30 f.
15. **Collection de huit quartz** perpendiculaires à l'axe, donnant les sept couleurs du spectre et les spirales d'**Airy** *Fig. 15*.
- Ces quartz sont de rotation inverse afin de pouvoir faire des combinaisons d'épaisseur, soit par addition en employant ceux de même rotation, soit par soustraction en employant ceux de rotation contraire..... 50 f.
- 15 bis. **Canon de quartz** avec deux faces travaillées perpendiculairement à l'axe..... de 15 à 50 f.
16. **Spath** perpendiculaire à l'axe. *Fig. 4, 5, 6*..... de 5 à 40 f.
17. **Spath** perpendiculaire hémitrope..... de 8 à 15 f.
18. **Deux Spaths** perpendiculaires avec lame de mica pour l'hémitropie artificielle..... 25 f.
19. **Appareil Muller** pour montrer directement les anneaux colorés du spath..... 40 f.

20.	Spath travaillé d'après M. Bertrand	de 15 à	25 f.
Avec les appareils n ^{os} 19 et 20 on voit directement et simultanément la croix blanche et la croix noire du spath.			
21.	Mica à un axe.....	de 5 à	10 f.
22.	Tourmaline perpendiculaire.....	de 5 à	10 f.
23.	Beryl	de 5 à	15 f.
24.	Améthyste	de 5 à	15 f.
25.	Diopside suivant un des axes.....	de 5 à	10 f.
26.	Chromate de potasse suivant un des axes.....	de 3 à	5 f.
27.	Sucre suivant un des axes.....	de 2 à	3 f.
28.	Talc id.	de 2 à	5 f.
29.	Corindon	de 10 à	20 f.
30.	Idocrase	de 5 à	15 f.
31.	Apophyllite	de 5 à	10 f.
32.	Brucite	de 3 à	5 f.
33.	Iodure de Cadmium	de 3 à	5 f.
34.	Pennine verte	de 2 à	5 f.
35.	Phénakite	de 5 à	15 f.
36.	Prussiate jaune de potasse	de 3 à	5 f.

1.	Arragonite	de 5 à	15 f.
2.	Baryte sulfatée	de 5 à	10 f.
3.	Plomb carbonaté . <i>Fig. 7</i> suivant les axes. <i>Fig. 8.</i> perpendiculaire à un axe.....	de 5 à	25 f.
4.	Borax	de 3 à	5 f.
5.	Topaze blanche.....	de 5 à	15 f.
6.	Topaze jaune.....	de 5 à	15 f.
7.	Gypse	de 5 à	10 f.
8.	Diopside suivant la ligne moyenne.....	de 5 à	15 f.
9.	Diopside hémitrope.....	de 5 à	20 f.
10.	Sucre suivant la ligne moyenne.....	de 5 à	6 f.
11.	Feldspath à axes écartés.....	de 5 à	10 f.
12.	Feldspath à axes rapprochés.....	de 5 à	10 f.
13.	Sel de Seignette	de 6 à	8 f.
14.	Cymophane	de 10 à	15 f.
15.	Strontiane sulfatée	de 5 à	10 f.

16. Nitrate de potasse. <i>Fig.</i> 9, 10, 11 ...	de 4 à	5 f.
17. Acide Citrique	de 3 à	6 f.
18. Cordiérite	de 4 à	7 f.
19. Disthène	de 3 à	6 f.
20. Sulfate de potasse et de magnésie ...	de 4 à	7 f.
21. Mica	de 2 à	4 f.
22. Mica dit 1/4 d'onde pour reconnaître le signe des cristaux à un axe	de 4 à	8 f.
23. Mica dit 1/2 d'onde	de 4 à	8 f.
24. Mica dit d'une onde	de 4 à	8 f.
25. Mica dit d'une onde et demie	de 4 à	8 f.

323

ASSEMBLAGE DE CRISTAUX

1. Deux quartz perpendiculaires , (Jaune) et de rotation inverse, pour produire les spirales d' Airy . <i>Fig.</i> 15..	12 f.
2. Deux quartz , id. minces, pour projeter les spirales d' Airy . — Appareil à projection des cristaux, microscope pola- risant. N° 330	12 f.
3. Deux quartz parallèles à l'axe et à axes croisés dominant les hyperboles équilatères. <i>Fig.</i> 12. (Delezenne)...	10 f.
4. Deux quartz parallèles id. pour avoir les hyper- boles mobiles, montés en cuivre	35 f.
5. Deux spaths , id. pour avoir les hyperboles mobiles. — Disposition pour la projection. Appareil n° 330	35 f.
6. Deux quartz obliques à l'axe et axes croisés pour produire les franges de Savart . <i>Fig.</i> 14.	12 f.
7. Appareil Delezenne pour montrer les franges qui se produisent toutes les fois que la lumière polarisée traverse deux plaques de quartz perpendiculaires et inclinées l'une sur l'autre, avec son analyseur. <i>Fig.</i> 13.	110 f.
7 bis. Le même avec son polariseur	130 f.
8. Une Plaque de quartz et une plaque de spath taillées perpendiculairement à leur axe pour la dupli- cation décrite par Lamé (non montées)	20 f.

DICHROÏSME

C'est à BREWSTER que nous devons presque tout ce que nous savons sur le dichroïsme des cristaux. De SÉNARMONT s'est occupé de la question et a produit le dichroïsme artificiel.

324

Loupe dichroscopique	30 f.
-----------------------------------	-------

16. Nitrate de potasse. <i>Fig. 9, 10, 11</i> ...	de 4 à	5 f.
17. Acide Citrique	de 3 à	6 f.
18. Cardélite	de 4 à	7 f.
19. Disthène	de 3 à	6 f.
20. Sulfate de potasse et de magnésie...	de 4 à	7 f.
21. Mica	de 2 à	4 f.
22. Mica dit 1/4 d'onde pour reconnaître le signe des cristaux à un axe.....	de 4 à	8 f.
23. Mica dit 1/2 d'onde.....	de 4 à	8 f.
24. Mica dit d'une onde	de 4 à	8 f.
25. Mica dit d'une onde et demie.....	de 4 à	8 f.

323

ASSEMBLAGE DE CRISTAUX

1. Deux quartz perpendiculaires, (Jaune) et de rotation inverse, pour produire les spirales d'Airy. <i>Fig. 15</i> ...	12 f.
2. Deux quartz, id. minces, pour projeter les spirales d'Airy. — Appareil à projection des cristaux, microscope pola- risant. N° 330	12 f.
3. Deux quartz parallèles à l'axe et à axes croisés donnant les hyperboles équilatères. <i>Fig. 12. (Delezenne)</i> ...	10 f.
4. Deux quartz parallèles id. pour avoir les hyper- boles mobiles, montés en cuivre.....	35 f.
5. Deux spaths, id. pour avoir les hyperboles mobiles. — Disposition pour la projection. Appareil n° 330.....	35 f.
6. Deux quartz obliques à l'axe et axes croisés pour produire les franges de Savart. <i>Fig. 14</i>	12 f.
7. Appareil Delezenne pour montrer les franges qui se produisent toutes les fois que la lumière polarisée traverse deux plaques de quartz perpendiculaires et inclinées l'une sur l'autre, avec son analyseur. <i>Fig. 13</i>	140 f.
7 bis. Le même avec son polariseur.....	130 f.
8. Une Plaque de quartz et une plaque de spath taillées perpendiculairement à leur axe pour la dupli- cation décrite par Lamé (non montées).....	20 f.

DICHROÏSME

C'est à BARWENK que nous devons presque tout ce que nous savons sur le dichroïsme des cristaux. De SÉNARMONT s'est occupé de la question et a produit le dichroïsme artificiel.

324

Loupe dichroscopique.....	30 f.
---------------------------	-------

POLARISATION CHROMATIQUE

Superposition de Cristaux.-Lame de Sulfate de Chaux.-Verre trempé.

MAISON JULES DUBOSCQ

21, Rue de l'Odéon.

Fig: 12.

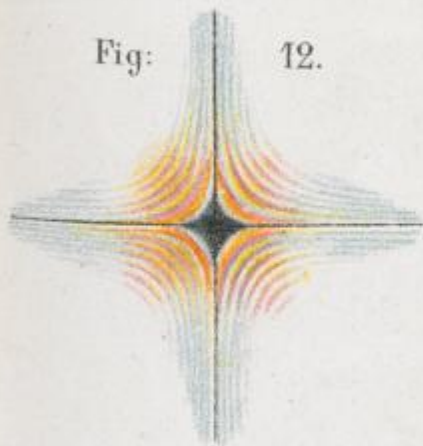


Fig:13.



Fig:14.

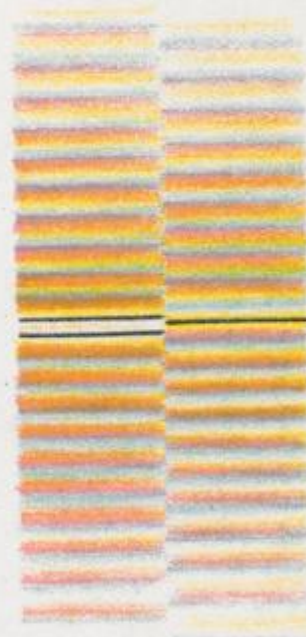


Fig:15.



Fig:18.

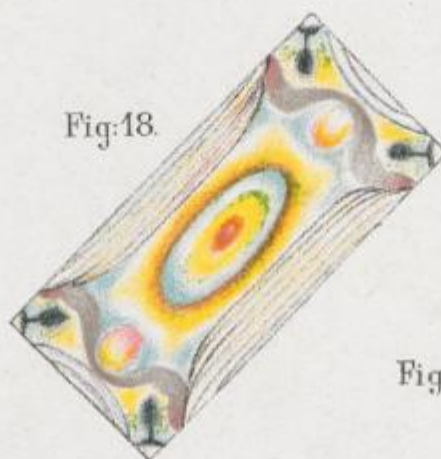


Fig:21.



Fig: 16.

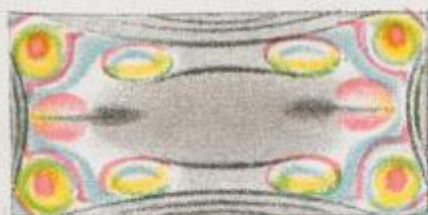


Fig:17.

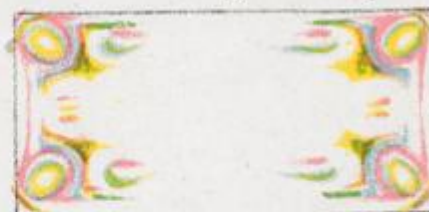


Fig: 19.

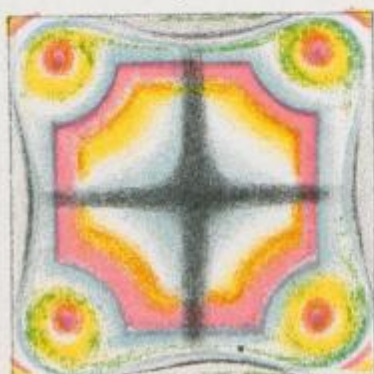
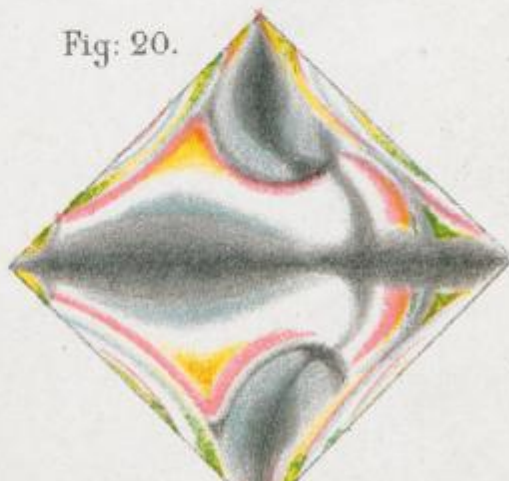


Fig: 20.



325 CRISTAUX DICHROÏTES A AXE OPTIQUE NÉGATIF

1. Spath calcaire de Saint-Denis.	5 f.
2. Mica du Vésuve.	5 f.
3. Saphir de Ceylan de 5 à	15 f.
4. Émeraude du Pérou de 5 à	15 f.
5. Tourmaline de Sibérie de 5 à	15 f.
6. Tourmaline du Brésil. de 5 à	15 f.
7. Tourmaline de Bohême de 5 à	15 f.
8. Cube de tourmaline taillé perpendiculairement et parallèlement à l'axe de 20 à	50 f.

AXE OPTIQUE POSITIF

9. Quartz enfumé. de 10 à	15 f.
10. Topaze enfumée. de 10 à	10 f.
11. Quartz Améthyste à 45° de l'axe de 10 à	15 f.
12. Acétate de cuivre	18 f.
13. Pierre de lune	10 f.

326 Lames de chaux sulfatée sur lesquelles sont dessinés
en creux des papillons, des fleurs, etc., etc.

Ces lames vues dans la lumière polarisée se colorent des teintes
les plus vives. *Fig. 21.* Elles sont montées pour être placées sur
l'appareil à projection des cristaux de M. Jules Duboscq,
voir n° 330 de 8 à 50 f.

327 CRISTAUX POUR L'APPAREIL MELLONI

Une plaque de sel gemme 10 ^m /m	5 f.
Un prisme id.	6 f.
Une lentille id.	3 f.
Une plaque	6 f.
Une Tourmaline.	15 f.
Un Verre vert	3 f.
Un Verre rouge	3 f.
Un Verre noir	3 f.

328 Cristaux dans une monture en cuivre rouge pour être
chauffés. de 5 à 8 f.
Gypse, Feldspath, Glaubérite,

- 329 **Appareil de Sénarmont** pour montrer les lois de conductibilité de la chaleur dans les corps cristallisés.
A cet appareil se trouve jointe une collection de neuf cristaux pour les expériences 100 f.

APPAREIL DE PROJECTION DANS LA LUMIÈRE POLARISÉE

- 330 **Appareil de Jules Duboscq**, pour projeter tous les phénomènes de polarisation rectiligne, circulaire, elliptique, chromatique et rotatoire ; les cristaux à un axe, cristaux à deux axes. *Fig. 64, 65.*
L'appareil comprend, polariseur et analyseur biréfringents, polariseur Delezenne, pile de glaces, glace noire, tourmaline, quartz parallèle et perpendiculaire, micas $\frac{1}{4}$ d'onde, prisme de **Nicol**, prisme à vision directe, compensateur **Soleil père**, ouvertures circulaire, rectiligne. — Microscope, tube à liquide, long cylindre de quartz.
Cet appareil a été présenté par M. Bertin à la Société de physique, le 8 mai 1874 et décrit dans le journal de physique, tome IV, année 1875.
Une notice spéciale avec figures, est remise avec l'appareil, elle indique la manière de se servir de l'appareil dans la lumière parallèle divergente ou convergente.
Se place devant les n^{os} 3, 36, 41 650 f.

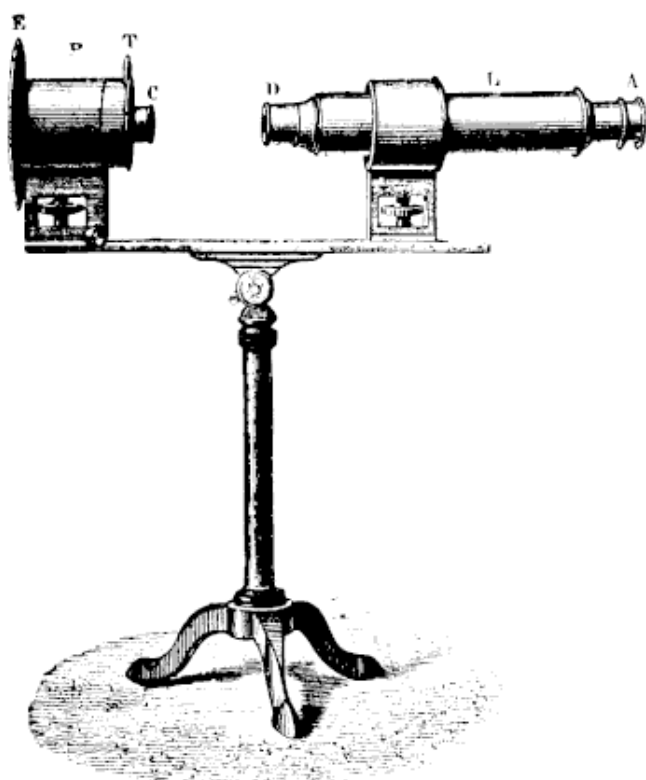


Fig. 64.

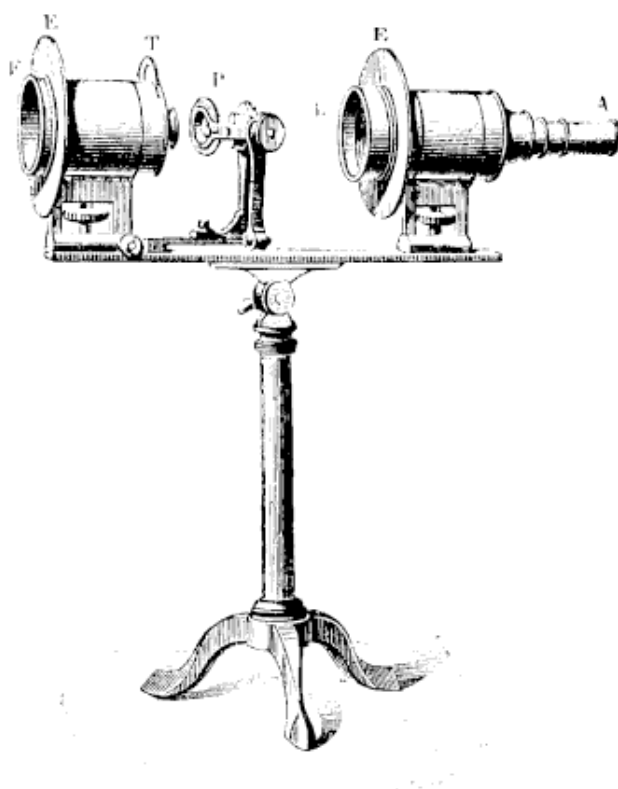


Fig. 65.

- 330 bis **Le même** plus simple 400 f.
831 **Collection** de cristaux pour l'appareil de 20 à 200 f.

- 332 **Appareil rotateur de Jules Duboscq.** Cet appareil monté sur pied permet de montrer la persistance des impressions sur la rétine, la décomposition, le renversement et la recombinaison de la lumière.
Deux prismes, un d'**Amici**, et un achromatique.
Cet appareil a été présenté à la Société de physique, 19 janvier 1877.
Se place devant n^{os} 3, 36, 41..... 115 f.



Fig. 66.

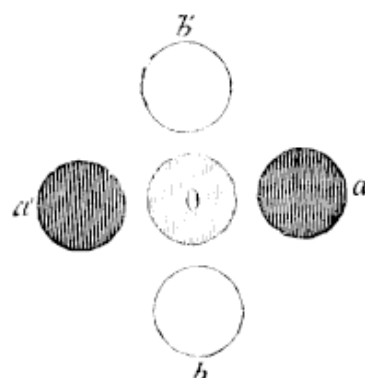


Fig. 67.

- 333 **Appareil rotateur perfectionné** pour montrer la persistance des impressions sur la rétine, dépolarisation par rotation rapide de l'analyseur, plan de polarisation à angle droit.
— Polarisation chromatique avec couleurs complémentaires, spectres circulaire et renversé ; recombinaison de la lumière blanche par la superposition de toutes les couleurs fournies par le spectre. — Raies des métaux projetées en bandes circulaires — projection des spectres cannelés avec un quartz épais. — Franges d'interférences de **Fizeau** et **Foucault** se développant par la rotation en spirales, répétant l'expérience de **M. Govi**.

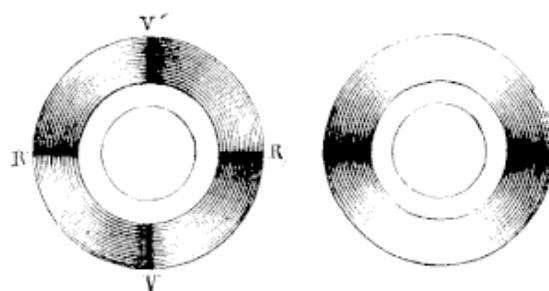


Fig. 68.

Les accessoires de cet appareil sont les suivants :

Un polariseur monté dans une bonnette avec diaphragme — deux ouvertures, une circulaire, une rectiligne — deux prismes d'**Amici** à déviation différente — deux prismes biréfringents — un prisme achromatique — un prisme de **Nicol** — un quartz épais — une plaque à deux rotations.

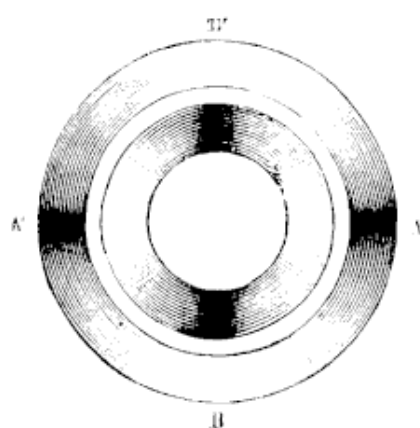


Fig. 69.

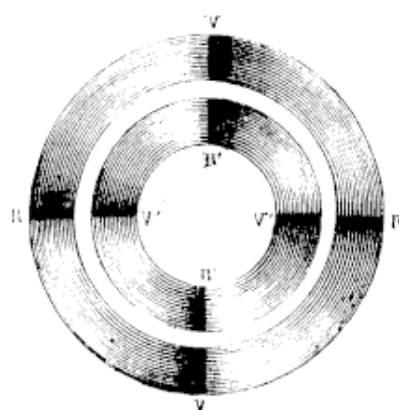


Fig. 70.

- 334 **Grand Cercle de MM. Jamin et Sénarmont,**
Fig. 71, pour l'étude des lois de la polarisation de la lumière
 réfléchi sur les substances cristallisées, sur les liquides et sur
 les métaux. Indice de réfraction.

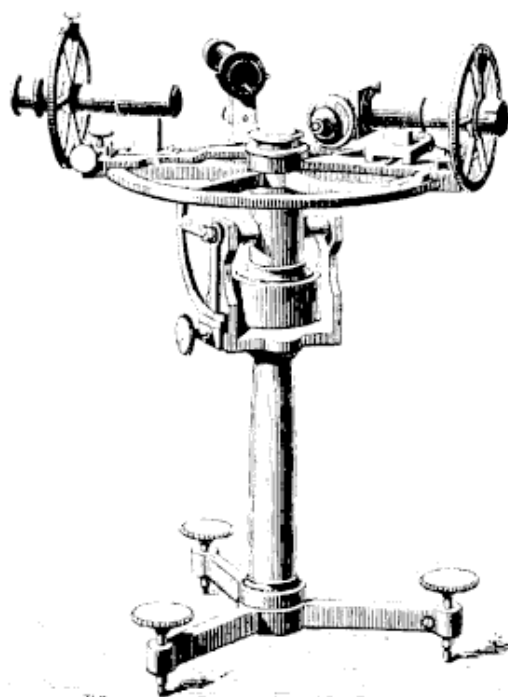


Fig. 71.

Une notice spéciale avec figures indique les positions relatives de
 chaque pièce dans les diverses expériences — (avec tous ses
 accessoires)..... 1000 l.

Voir dans les *Annales de Chimie et de Physique* (3^e série,
 tome XXIX, juillet 1859) le mémoire de M. **Jamin**.

Le premier appareil a été construit par la Maison, d'après les indi-
 cations de M. **Jamin**, en 1847.

CHAPITRE XI.

APPAREILS DE MESURE

GONIOMÈTRES, SPHÉROMÈTRE, FOCOMÈTRE

- 335 **Goniomètre d'Haüy**, avec cercle divisé pouvant donner la mesure des angles des cristaux assez volumineux. *Fig. 72*... 40 f.

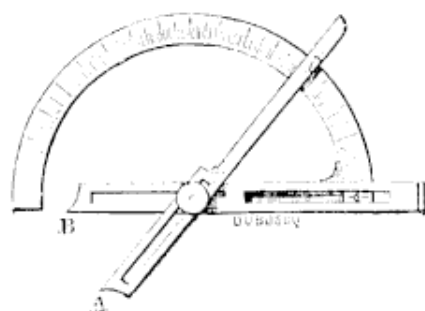


Fig. 72.

- 335 bis **Le même** avec cercle à mouvement brisé..... 50 f.
- 336 **Goniomètre de Wollaston**. *Fig. 73*, monté sur pied à vis calantes, muni d'un miroir réflecteur et de vis de rappel pour la mesure des angles des cristaux par réflexion..... 180 f.

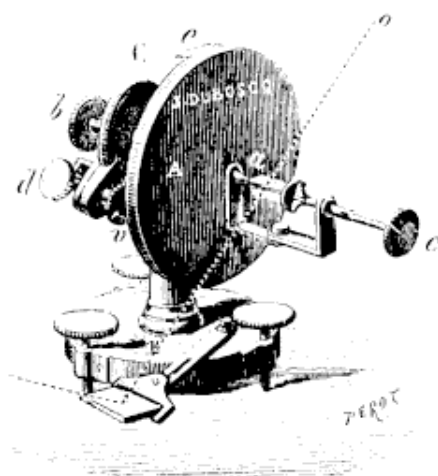


Fig. 73.

- 337 **Petit Goniomètre de M. Cornu** pour mesurer rapidement les angles des cristaux. — M. Cornu a remarqué qu'il est préférable de réitérer plusieurs fois la mesure en estimant au

- 1/10 de degré seulement, que de faire un petit nombre de mesures avec un vernier donnant la minute. La précision est la même et la fatigue de l'observateur beaucoup moindre 150 f.
- Goniomètre de Babinet**, voir n° 260.
- Grand cercle de M. Jamin**, voir n° 334.
- Spectro-goniomètre**, voir n° 182.
- 338 **Sphéromètre**. — Cet appareil permet de mesurer les épaisseurs très faibles et les courbes avec une extrême précision. On peut mesurer jusqu'à des millièmes de millimètre.
- Avec le sphéromètre on livre un plateau en glace, et deux petites glaces parallèles pour mesurer les corps mous 150 f.
- 339 **Collection Cristallographique** — Modèles en bois, d'après la méthode de **Beudant**.
- Selon la grosseur, chaque échantillon de 1 à 2 f.
- Focomètre de Silbermann**, voir n° 259.
- Dynamètre de Ramsden**, voir n° 366.
- Mégamètre de M. Govi**, voir n° 367.
- Oeil Micromètre de H. Soleil**, voir n° 367 *bis*.



POLARIMÉTRIE, SACCHARIMÉTRIE

On doit à **Biot** une nouvelle méthode d'analyse des substances sucrées, fondée sur les phénomènes de polarisation circulaire découverts par **Arago**.

Cette méthode plus rapide que les procédés chimiques a été rendue entièrement pratique par la persévérance de **Clerget**, qui, écartant certaines causes d'erreur, qui n'avaient pas été suffisamment étudiées avant lui, a répandu l'usage du saccharimètre imaginé par **Soleil père**.

Babinet donnant son opinion sur le saccharimètre, dit que « cet instrument est une œuvre de haute conception et de génie, qui honore le modeste constructeur à qui on le doit ».

« Le saccharimètre dont nous avons le courage de faire l'éloge, écrit **Dumeneut**, n'a pas cessé de nous servir à nos recherches depuis 1843, époque de sa découverte.

« Nous n'avons admis cet instrument comme base d'observation et de mesure des pouvoirs rotatoires qu'après en avoir apprécié la valeur par des études longues et scrupuleuses. »

En 1872, **M. Jules Duboscq** imagina et construisit le saccharimètre dit à pénombres ; il appliqua à la construction de cet appareil le principe du polariseur imaginé par **MM. Jellet et Cornu**.

M. Cornu est le premier qui ait fait l'application à la saccharimétrie de la lumière monochromatique inventée par **Brewster**, en 1822, et c'est seulement par l'emploi de cette lumière que la méthode des pénombres est devenue pratique.

Cette lumière monochromatique a été employée avec succès, par **M. Louis d'Henry**, pour obtenir le titre alcalimétrique d'un jus de fécule et saturé, en opérant par la méthode ordinaire au tournesol.

Ph. P

340 **Grand Polarimètre Soleil père et Jules**

Duboscq, pour observer la polarisation rotatoire des liquides et permettant de mesurer la déviation du plan de polarisation soit par un déplacement angulaire, soit par compensation. *Fig. 74.*

L'appareil est muni des pièces nécessaires pour se transformer en appareil **Biot**, en saccharimètre ou rotatomètre à pénombres, saccharimètre à compensation de **Soleil père**.

Une série de tubes de diverses longueurs permet d'étudier les phénomènes dans une colonne liquide à partir de 0,10 jusqu'à

0,50 centimètres de 5 en 5 centimètres, en sus un tube de 22 centimètres pour l'inversion. Cet instrument est destiné aux recherches pour les laboratoires de chimie, 650 f.

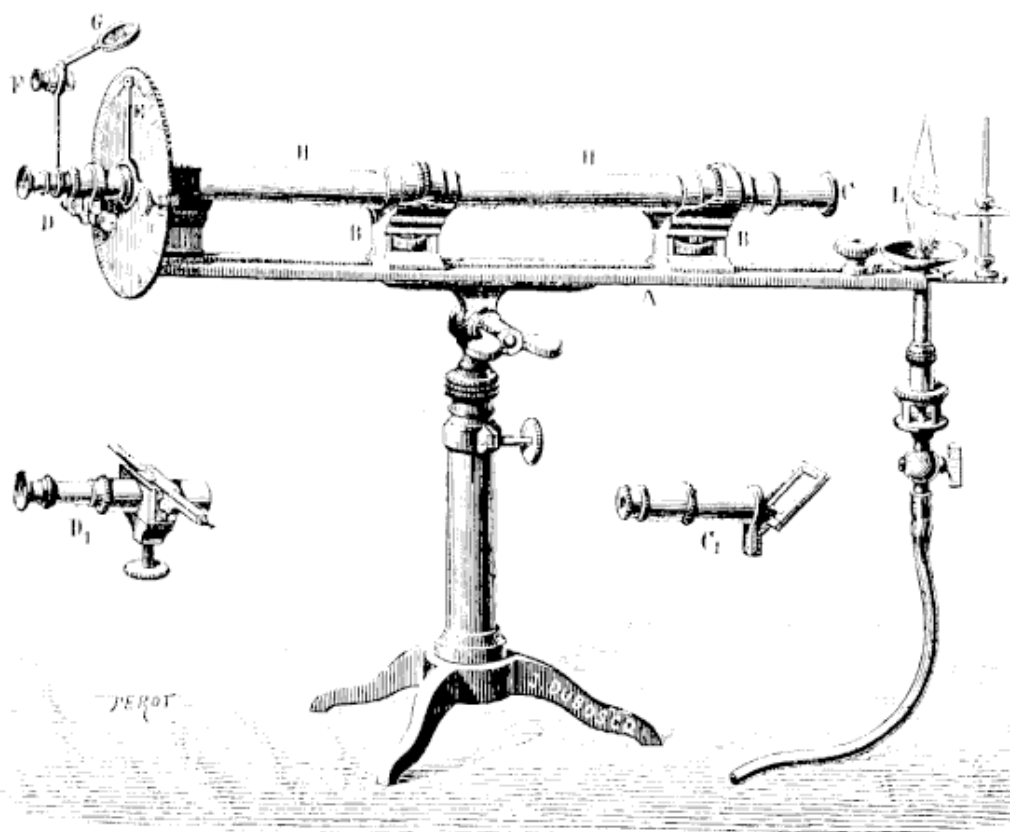


Fig. 74.

340 bis **Le même** disposé pour l'étude de l'influence des liquides et des solides sur la direction des plans de polarisation.

A l'aide de cet appareil on peut déterminer le pouvoir rotatoire des différents corps, montrer l'inversion du quartz par l'action d'une lame de mica $\frac{1}{2}$, onde — les bandes noires du spectre polarisé — spectres cannelés.

Huit plaques de quartz perpendiculaire, d'épaisseur déterminée et de rotation inverse, dont deux de même épaisseur et de rotation inverse pour les spirales d'**Airy** — un long cylindre en quartz un prisme d'**Amici**, une ouverture rectiligne — lames de mica — accessoires divers, 750 f.

Type construit et fourni par la maison à l'École normale supérieure en 1846.

341 **Saccharimètre Soleil père** perfectionné par **Jules Duboscq**. Cet appareil, Fig. 75, est muni de 3 tubes dont 2 en cuivre étamés intérieurement et le troisième en cristal.

Cet instrument construit par la Maison peut donner la quantité de sucre contenue dans une dissolution à un centième près.
 Comme éclairage de l'appareil on peut se servir de toutes les sources de lumière, même celle du ciel..... 260 f.
 Voir les comptes rendus de l'Académie des Sciences, 17 février, 23 juin, 18 août 1845 et 3 août 1846.

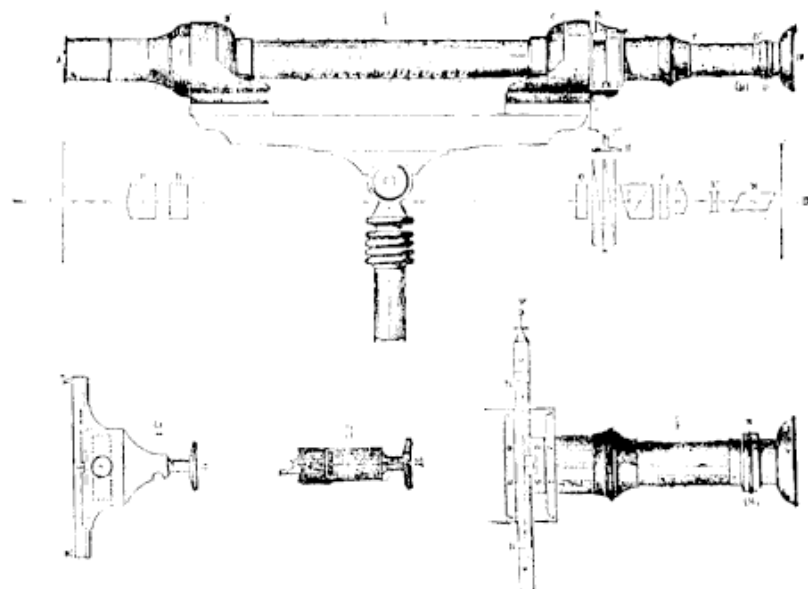


Fig. 75.

- 341 bis **Tube** pour l'inversion, avec thermomètre..... 30 f.
 342 **Saccharimètre à pénombres**, Fig. 76.

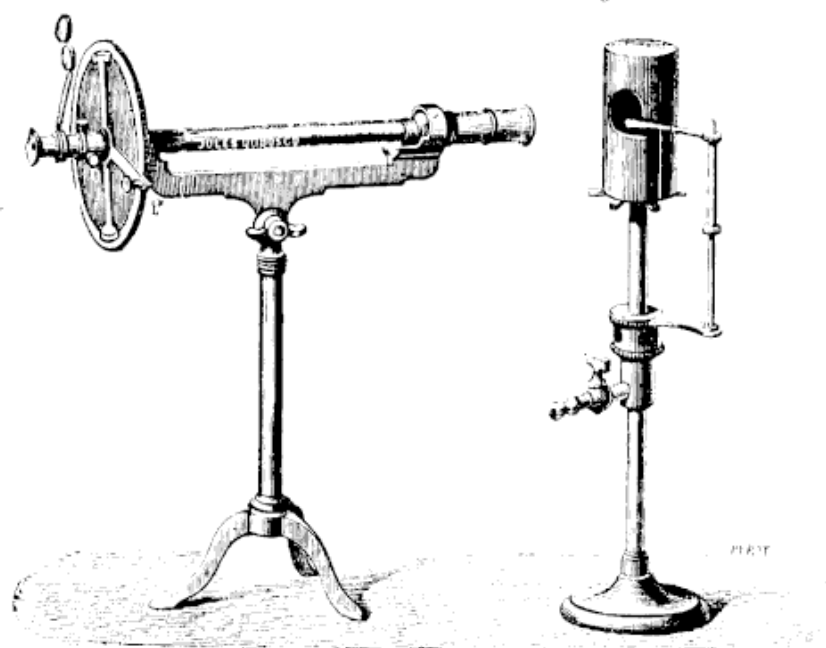


Fig. 76.

Cet appareil donne directement, comme le précédent, la quantité de sucre contenue dans une dissolution et permet aussi de déterminer le pouvoir rotatoire des liquides.

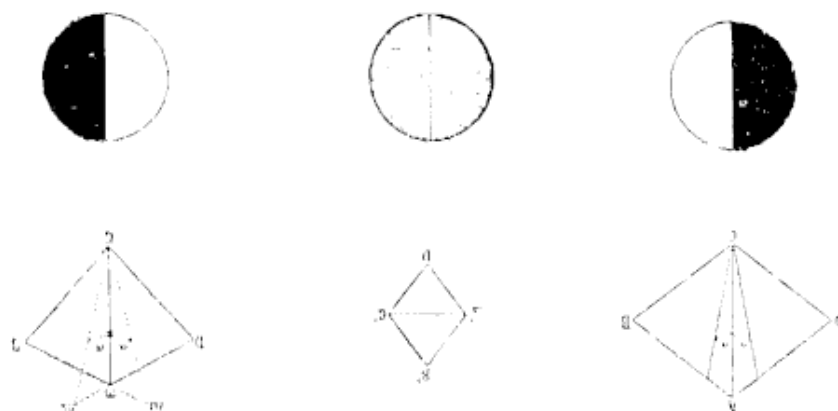


Fig. 77.

Pour faciliter l'observation **M. Jules Duboscq** a eu le premier l'idée de superposer sur le même cercle deux divisions, une saccharimétrique **Soleil père** en centièmes de sucre, la seconde en demi-degrés, avec vernier donnant le $\frac{1}{10}$ de degré, soit trois minutes.

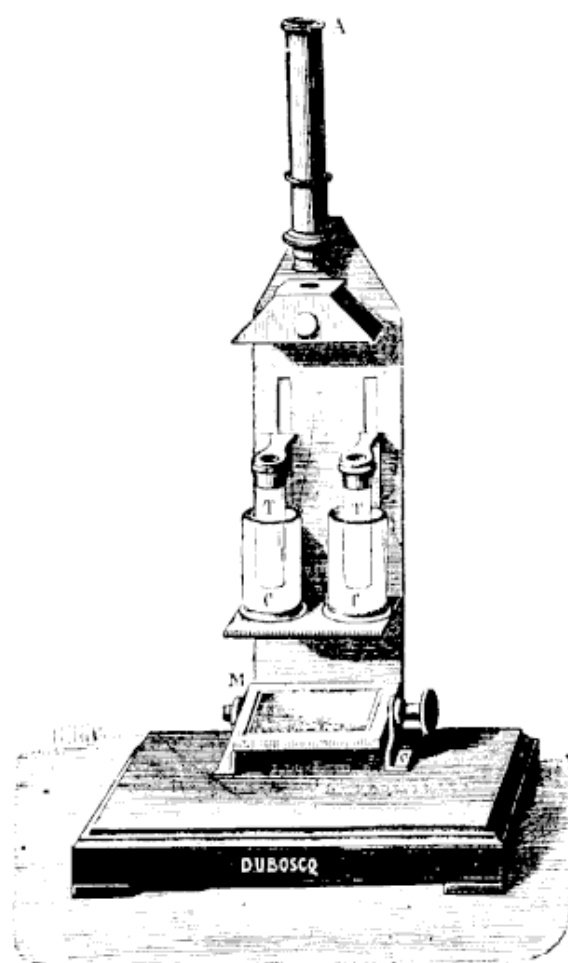


Fig. 78.

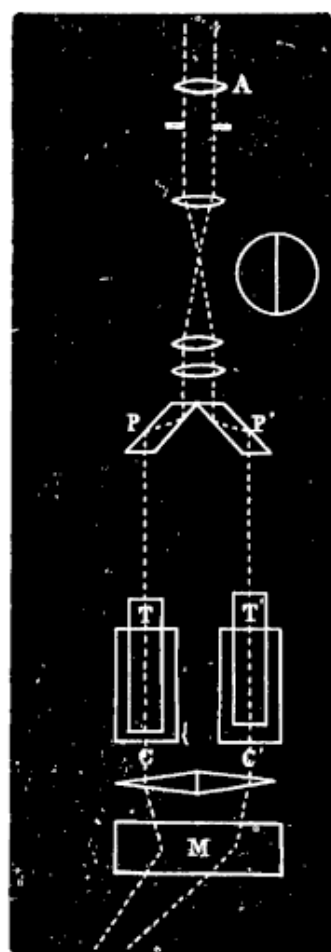


Fig. 79.

L'observation ne peut être faite qu'à l'aide d'une lumière monochromatique fournie par un fort brûleur **Bunsen**, dans la flamme duquel on place du chlorure de sodium fondu.

- A l'extrémité de l'appareil nous avons adapté une petite cuve contenant du bichromate de potasse, pour rendre la lumière aussi monochromatique que possible..... 275 f.
- Cet instrument peut être transformé en saccharimètre à pénombres à *lumière blanche*, par la suppression de l'analyseur et son remplacement par un compensateur **Soleil père**.
- 343 **Compensateur Soleil père** pour monter sur le saccharimètre n° 342, *fig. 76*, avec sa lunette..... 150 f.
- 344 **Eolipyle Bunsen** perfectionné pour obtenir sans le gaz une lumière monochromatique..... 40 f.

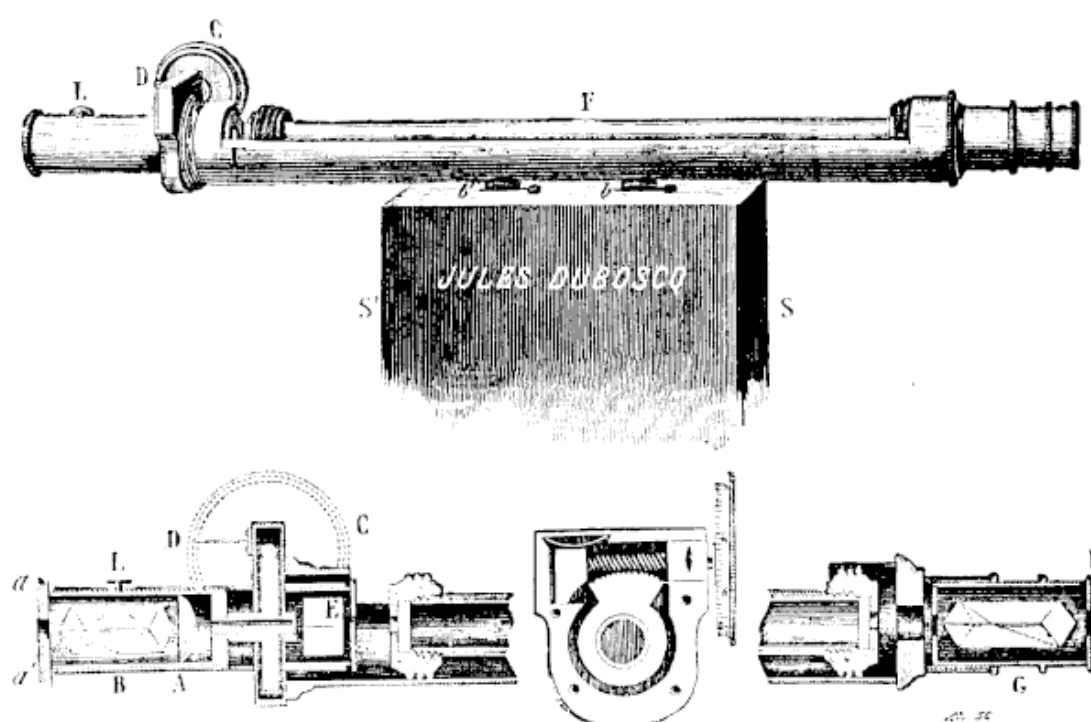


Fig. 80.

- 345 **Colorimètre de Jules Duboscq** pour mesurer le pouvoir décolorant du noir animal. *Fig. 78-79*.
- On détermine l'intensité de coloration d'une colonne liquide de hauteur variable en la comparant à une colonne liquide de hauteur constante d'un liquide normal.
- M. **Jules Duboscq** est le premier qui ait eu l'idée et ait construit un colorimètre permettant de comparer simultanément les deux teintes du liquide à mesurer et du liquide type.
- A cet effet, par un dispositif qui lui est personnel, il ramène dans le champ de vision d'une même lunette les deux teintes à comparer qui occupent chacune une demi-circonférence, séparées par un diamètre vertical.
- Le premier modèle fait en 1854 a été livré à **Dubrunfaut**..... 200 f.

- 346 **Colorimètre polarisant** donnant toutes les teintes de toutes les couleurs au moyen de plaques de quartz et des angles variables du polariseur et analyseur 450 f.
- 337 **Diabétomètre E. Robiquet** à teinte sensible ; on peut éclairer l'appareil avec toutes les sources de lumière 120 f.
- 348 **Diabétomètre Yvon** à pénombres, *Fig. 81* ; on doit éclairer l'appareil avec la lumière monochromatique 195 f.

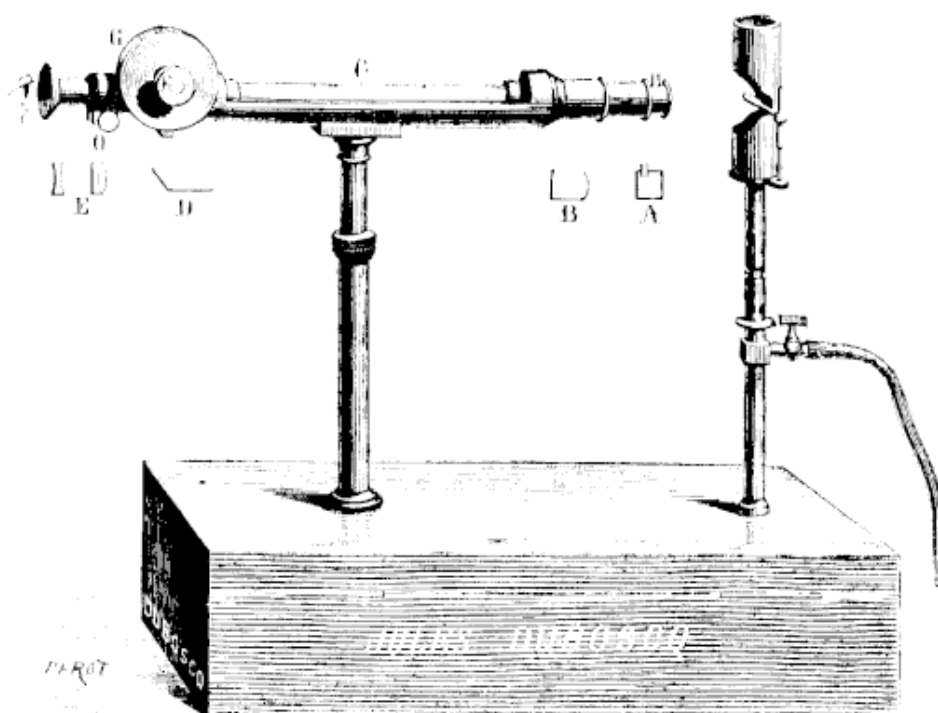


Fig. 81.

349 **Diabétomètre spécial.**

349 bis **Saccharimètre vertical de Jules Duboseq** à compensation par la variation de la colonne liquide, imaginé en 1853.

Les n^{os} 349 et 349 bis, appareils perfectionnés sont en construction, voir notice spéciale.

— JULES DUBOSEQ —

CHAPITRE XIII

APPAREILS BASÉS SUR LA RÉFLEXION ET RÉFRACTION

De la lumière

CHAMBRES CLAIRES, NOIRE, MICROSCOPIE

LUNETTES, TÉLESCOPES

- 350 **Chambre claire de Wollaston** à prisme trapézoïdal, dont un angle est de 135° et les deux autres 45° et 90° 80 f.
- 351 **Petite Chambre claire d'Amici**, formée par un petit miroir métallique, percé au centre et incliné à 45° . Elle est employée surtout pour dessiner avec le microscope horizontal 45 f.

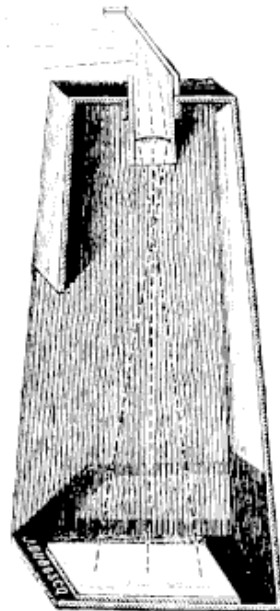


Fig. 82.

- 352 **Chambre claire d'Amici**, pouvant être fixée à une table à l'aide d'une vis de pression. La tige qui supporte la chambre claire peut être allongée ou raccourcie au moyen d'une cré-

	maillère. Des verres colorés et des lentilles, corrigeant la paralaxe, complètent cet instrument.	
353	Chambre claire de M. Govi à miroir transparent pour le microscope vertical.....	35 f.
353 bis	Chambre claire de M. Govi pour le dessin d'après nature, montée avec articulation comme le n° 352.....	100 f.
354	Chambre noire à prisme de 95 millimètres et à rideaux le tout renfermé d'un nécessaire	140 f.
355	Chambre noire à tiroir , miroir et glace dépolie <i>Fig. 82</i>	50 f.

MICROSCOPIE

356	Loupes, — Biloupes, ~ Triloupes , suivant leur diamètre et la qualité	de 3 à 40 f.
357	Microscope simple avec quatre lentilles de rechange....	50 f.
358	Petit Microscope composé à trois lentilles achromatiques pouvant grossir jusqu'à 150 fois en diamètre	80 f.
359	Microscopes composés avec série d'objectifs et d'oculaires	de 150 à 500 f.
	Microscope solaire , voir n° 52.	
360	Microscope photographique , donnant des photographies de 80 millimètres de diamètre, avec un jeu d'objectif et d'oculaire. Modèle fourni et adopté par le laboratoire municipal, MM. Girard, Dupré ; le laboratoire des contributions indirectes, M. Bardy ; le laboratoire toxicologique, M. Ogier	500 f.
360 bis	Le même avec polariseur et analyseur.....	550 f.
361	Lanterne électrique complète pour éclairer le microscope n° 360. Les charbons produisant l'arc sont juxtaposés. — Système Jablochkoff	200 f.
361 bis	Lanterne à lumière oxhydrique , pour éclairer n° 360.....	130 f.
	Loupe pour le Dichroïsme , voir n° 324.	
	Microscope polarisant , voir n° 309.	

LUNETTES, TÉLESCOPES

- 362 **Lunette de Jansen ou de Galilée** suivant le diamètre de l'objectif de 10 à 60 f.
- 363 **Lunette de campagne**, suivant le diamètre de l'objectif de 50 à 150 f.
- 364 **Lunette astronomique de Babinet**, montée sur un pied, mobile en tous sens, munie d'un chercheur et de deux tuyaux oculaires, l'un pour les observations terrestres, l'autre pour les observations célestes — l'objectif de cette lunette parfaitement achromatisé a 68 millimètres de diamètre.
 Tout l'appareil est enfermé dans une boîte en noyer 350 f.
- 365 **Lunette astronomique** avec objectif de 80 millimètres de diamètre, quatre oculaires, montée sur pied en cuivre avec mouvement d'engrenage 600 f.
- 365 bis **La même** avec objectif de 95 millimètres 900 f.
- 365 ter **La même** avec objectif de 100 millimètres 1000 f.
- 366 **Dynamètre de Ramsden** pour mesurer le grossissement des lunettes 40 f.
- 367 **Mégamètre de M. Gavi** pour mesurer le grossissement dans les instruments d'optique à images virtuelles, décrit dans le moniteur de Florence, août 1861 150 f.
- 367 bis **Oeil micromètre de H. Soleil**, sert à mesurer le grossissement des microscopes, des lunettes de Galilée, des longues vues et des lentilles de court foyer 60 f.
- 368 **Télescopes**, système **L. Foucault**, selon le diamètre et le foyer des miroirs de 500 à 4000 f.
- Appareil de M. Cornu.** Voir n° 419.



CHAPITRE XIV.

VISION

PERSISTANCE DES IMPRESSIONS SUR LA RÉTINE

ILLUSIONS D'OPTIQUE

- 369 **OEil** en carton-pierre. — On peut isoler les différentes parties.
— Modèle du docteur **Auzoux**..... 75 f.
- 370 **OEil artificiel** pour l'adaptation des lunettes aux différentes
vues..... 75 f.
- 371 **Appareil du docteur Haldat** pour faire voir que les
images se peignent sur la rétine..... 25 f.
- 372 **Appareil du docteur Haldat** pour montrer compara-
tivement les propriétés du cristallin de l'œil de bœuf et celles
d'une lentille en verre..... 400 f.
- 373 **OEil artificiel du docteur Gariel** pour montrer
l'adaptation du cristallin de l'œil et la formation des images sur
la rétine ; avec mouvement à crémaillère et écran..... 460 f.
- 374 **Roues de Faraday** ; se placent devant nos 60, 61, 77.... 20 f.

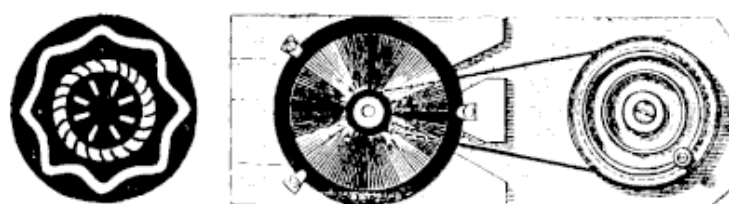


Fig. 83.

- 375 **Disque de Newton**, pour le mélange des couleurs et la
recomposition de la lumière blanche ; se place devant les nos 60,
61, 77..... 30 f.
- Appareil** pour montrer en projection les effets de persistance
des impressions sur la rétine — mélange des couleurs — con-
traste — couleurs complémentaires : se place sur l'appareil ver-
tical n° 77, voir n° 90.

-
- | | | |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 376 | Chassis à diaphragme mobile pour les effets de contraste —
couleurs complémentaires..... | 60 f. |
| 377 | Chromatope. Chaque tableau.... de 15 à
Se place sur n ^{os} 60, 61, 77. | 20 f. |
| 378 | Anorthoscope , avec série de tableaux..... | 30 f. |
| 379 | Phénakistiscope de M. Plateau avec une série de six
tableaux ; le tout dans une boîte | 35 f. |
| 379 bis | Le même monté sur un pied..... | 60 f. |
| | Phénakistiscope à images transparentes pour projection,
voir n ^o 75. | |
| 380 | Série de diaphragmes de différentes formes, triangle
carré, cercle, double demi-cercle en sens inverse, servant à la
projection du spectre et donnant l'illusion du relief, par suite de
l'inégale réfrangibilité des couleurs..... | 30 f. |
| | Imaginée par Jules Duboscq , et présentée à la Société de phy-
sique, 19 janvier 1877. | |
| 381 | Lunette permettant de voir directement les effets du relief,
avec série de diaphragmes | 35 f. |
| | Série de Tableaux pour montrer en projection les lignes
de Zollner ; se place sur l'appareil vertical n ^o 77, voir n ^o 95. | |
| | Appareils rotateurs , voir n ^{os} 332, 333. | |

STÉRÉOSCOPIE

280 ans avant J.-C., **Éraste** qui professait les mathématiques à Alexandrie (Égypte), s'occupa de la vision binoculaire. 170 ans après J.-C., le médecin grec **GALIEN** en parle aussi.

Léonard de Vinci (1452-1519) remarqua les différences qui existent entre les images d'un même objet vues simultanément par les deux yeux, et expliqua par là, l'impossibilité de donner la sensation du relief par la peinture.

En 1834, le physicien **ELLIER** eut l'idée de construire un instrument destiné à faire voir simultanément deux images dissemblables produisant les effets du relief ; mais c'est **WHEATSTONE**, qui en 1838, donna le premier la théorie de la vision binoculaire et construisit le premier stéréoscope à réflexion au moyen de deux miroirs à 90°.

Sir David Brewster imagina, en 1844, un stéréoscope par réfraction, il coupa une lentille en deux, mit la moitié droite devant l'œil gauche, la moitié gauche devant l'œil droit, en un mot il juxtaposa les deux morceaux de la lentille, dans une position inverse et symétrique de celle qu'ils occupaient avant la séparation de la lentille.

Ce n'est qu'en 1851, que le stéréoscope grâce aux perfectionnements qu'y avait fait M. Jules Duboscq, prit le développement auquel il est arrivé aujourd'hui.

Tous ces perfectionnements sont décrits dans un mémoire adressé à la Société d'encouragement par LISSAJOUS, le 18 février 1857.

Ph. P.

383	Stéréoscope de Wheatstone , par réflexion ; avec figures géométriques.....	20 f.
384	Stéréoscope de sir David Brewster , par réfraction..... de 5 à	15 f.
385	Stéréoscope Jumelle à crémaillère..... de 15 à	20 f.

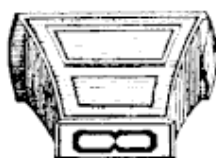


Fig. 81.

386	Epreuves stéréoscopiques pour les n ^{os} 384, 385, la pièce sur verre..... de 3 à	4 f.
	id. sur papier.....	0 f. 50 c.
387	Stéréoscope panoramique de Jules Duboscq	60 f.
387 bis	Epreuves panoramiques	15 f.
388	Stéréoscope phénakistoscope	60 f.
388 bis	Epreuves mécaniques la pièce.	20 f.
389	Stéréoscope pseudoscope , donnant l'illusion du relief et du creux.....	100 f.
390	Stéréoscopes à plusieurs images , en acajou de 12 à 200 vues, sans encadrement, simple socle et coins vifs de 25 à	110 f.
	Acajou avec encadrement, coins vifs..... de 40 à	120 f.
	Palissandre, à panneaux ou pans coupés..... de 80 à	200 f.
	Noyer d'Orient id. id. de 90 à	180 f.
Tous les Stéréoscopes livrés par la maison ont des verres achromatiques		

La crémaillère aux oculaires pour la mise au foyer. 15 fr. en sus.



CHAPITRE XV.

PHOTOGRAPHIE

Il y a plus de trois siècles que Léonard de Vinci, vers 1500, imagina la chambre noire dont on attribue à tort l'invention au napolitain Jean-Baptiste Porta (1589) qui ne fut même pas le premier à la publier.

En 1780, CHARLES, physicien français, dans ses cours du Louvre, obtint des silhouettes sur du papier recouvert de chlorure d'argent, sel découvert en 1566, selon ARAGO, par FABRICIUS, alchimiste, et dont SCHEELE, chimiste suédois, avait indiqué les propriétés.

WEDGEWOOD, en 1802, se servait comme substance sensible d'azotate d'argent étendu sur des peaux et des papiers, mais il trouvait trop faible la lumière de la chambre noire.

H. DAVY parvint bien à obtenir l'image des petits objets en se servant du microscope solaire, mais toutes ces images exposées à la lumière du jour disparaissaient, elles étaient fugitives, bien qu'on les eut fixées par l'ammoniaque.

Joseph-Nicéphore NIÈPCE, né à Chalon-sur-Saône, en 1765, alors officier en retraite, obtint en 1816 des copies de gravures par l'action de la lumière sur une couche de bitume de Judée, étendue sur une plaque en cuivre argentée. Il faisait apparaître l'image en immergeant la plaque impressionnée dans un mélange d'huile de lavande et de pétrole, qui dissolvait le bitume dans les parties où il n'avait pas été impressionné par la lumière.

C'est le point de départ de ce qu'on appelle aujourd'hui l'héliogravure.

En 1826, par suite de perfectionnements à l'objectif, il montra des épreuves assez parfaites; mais il fallait encore 10 à 12 heures d'exposition à la lumière.

A cette époque, Louis-Mandé DAGUERRE, né en 1787 à Cormeilles, l'inventeur du diorama, s'occupait de la même question. NIÈPCE se lia avec lui et ils travaillèrent ensemble.

Par la substitution du résidu de la distillation de l'huile de lavande au bitume, ils obtinrent des épreuves plus rapidement, mais il fallait encore de 6 à 3 heures d'exposition.

DAGUERRE découvrit la sensibilité de l'iodure d'argent et imagina son procédé au mercure qui excita un grand et juste enthousiasme, lorsque ARAGO le présenta à l'*Académie des Sciences* en 1839. On oublia même NIÈPCE, qui, mort en 1833, ne put assister au triomphe d'une invention à laquelle ses essais antérieurs avaient sans doute contribué.

Le procédé de DAGUERRE consiste à exposer dans la chambre noire une plaque de cuivre argentée, soumise préalablement à la vapeur d'iode jusqu'à ce que la plaque ait pris une teinte jaune d'or, puis à révéler l'image invisible en plaçant cette plaque dans une position inclinée à 45° au-dessus d'un bain de mercure maintenu à 60°, et enfin à fixer l'image par une dissolution d'hyposulfite de soude. L'image ainsi obtenue était bien

inaltérable à la lumière, mais elle était formée par une poussière très fine de mercure, que le moindre contact enlevait.

Le daguerréotype n'est réellement devenu pratique que lorsque FIZEAU eut indiqué un procédé qui permit d'avoir une image fixe et adhérente.

Lorsque l'image est développée et fixée, il verse sur la plaque la quantité nécessaire d'une dissolution faite à raison d'un gramme de chlorure d'or et de 4 % d'hyposulfite de soude pour un litre d'eau distillée, il chauffe jusqu'à ébullition.

FIZEAU et FOCCAULT exaltèrent la sensibilité de la couche d'iodure d'argent en l'exposant aux vapeurs d'une dissolution aqueuse de brome, mais la condensation de la vapeur d'eau donnait des résultats défectueux.

BINGHAM à Londres substitua à cette dissolution l'emploi de la chaux bromée.

CLAUDET se servit du chlore comme substance accélératrice.

La photographie sur papier, sur laquelle s'étaient dirigés les premiers travaux de CHARLES, de WEDGWOOD, de DAVY, fut perfectionnée en 1834 par FOX TALBOT, qui fixait les images sur du papier rendu sensible par du chlorure d'argent, il se servait des images négatives pour en obtenir de positives, après avoir ciré le papier pour le rendre transparent.

En 1839, BAYART obtenait de très bons résultats et des épreuves directement positives par un procédé dont il garda longtemps le secret.

Il employait du papier recouvert d'une couche de chlorure d'argent, contenant un excès de nitrate d'argent, il faisait noircir ce papier à la lumière, le lavait, le laissait sécher, il le plongeait alors dans une solution d'iodure de potassium et l'exposait dans la chambre noire.

En 1842, M. Ed. BECQUEREL obtint la première épreuve daguerrienne du spectre solaire, avec toutes ses couleurs.

BLANQUART-ÉVRARD, en 1847, perfectionna le procédé de TALBOT et eut de très bons négatifs.

En 1847, NIÉPCE DE SAINT-VICTOR, le cousin de Nicéphore NIÉPCE, employa le premier des lames de verre enduites d'albumine et d'iodure de potassium, il laissait sécher ces plaques pendant vingt-quatre heures, puis les plongeait dans un bain d'azotate d'argent; après 15 à 30 minutes d'exposition dans la chambre noire, il développait avec l'acide pyrogallique, substance révélatrice découverte par REGNAULT, puis il fixait l'image au moyen de l'hyposulfite.

Les images étaient fines mais très longues à venir. En 1851, LEGRAY, ARCHER, FRY, substituèrent à l'albumine une couche de collodion, dissolution dans l'éther du pyroxyle ou fulmicoton découvert par PELOUZE en 1838, et étudié par SCHOENBEIN en 1846.

LEGRAY, en France, ARCHER, en Angleterre, exaltèrent la sensibilité du collodion à l'iodure de potassium en l'additionnant de bromure de potassium. Un jeune physicien, TATNEXOT, professeur au Prytanée de La Flèche, enlevé prématurément à la science, donna le premier le moyen de maintenir aux plaques leur sensibilité pendant plusieurs jours, en superposant une couche albuminée à la couche collodionnée. RUSSEL eut le même résultat avec son procédé au tannin.

Depuis, on emploie des plaques toutes préparées au gélatino-bromure. Ces plaques joignent à une extrême sensibilité, l'avantage de se conserver longtemps à la condition de les maintenir dans l'obscurité absolue.

Nous devons citer un procédé connu sous le nom de procédé WHEATBURY, basé sur la double propriété de la gélatine bichromatée qui est insoluble lorsqu'elle est impressionnée, ce qui donne un cliché en creux, et qui est incompressible, ce qui permet en la comprimant avec une lame de plomb dans une presse hydraulique d'obtenir un cliché dont on se sert pour tirer des épreuves, en employant des encres gélatineuses.

C'est le procédé employé pour les photographies à bon marché.

Nous terminerons en rappelant les travaux de POITEVIN et d'Henri GARNIER, sur l'héliogravure; travaux qui ont contribué au développement de cette industrie; et enfin l'aciérage des plaques dont l'invention est due à H. GARNIER.

Ph. P.

APPAREILS POUR LA PHOTOGRAPHIE

391 **Matériel complet** pour photographier sur **plaques Daguerriennes.**

Chambre noire 1½ plaque avec intermédiaire 1¼ de plaque, deux chassis, pied à trois branches, boîte à ioder et à bromer — chambre à mercure — support pour tenir les glaces à polir, polissoir, trois boîtes, six glaces argentées, produits chimiques..... 600 f.

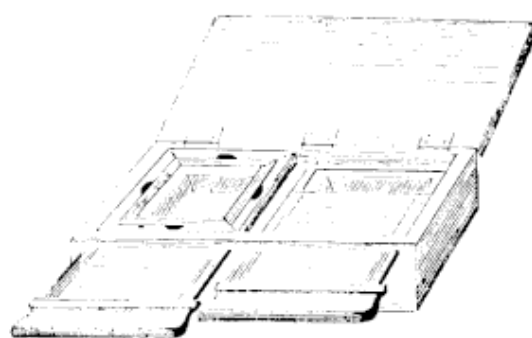
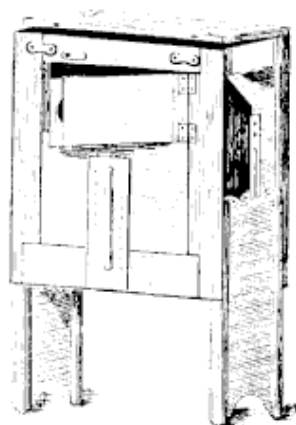


Fig. 85.

392 **Appareils complets** renfermés dans un nécessaire pour la photographie.

- | | |
|---------------------------------|--------|
| 1. Quart de Plaque | 180 f. |
| 2. Demi-plaque | 300 f. |
| 3. Plaque entière | 600 f. |

Dans le nécessaire se trouvent une chambre noire carrée à soufflet avec deux chassis et glace dépolie, un objectif, une loupe de mise au point — boîte à glaces, cuvettes, crochet en argent, en buffe, balance.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Produits chimiques, collodion, bromure d'ammonium, iodure de zinc, nitrate d'argent, acétate de soude, acide acétique, acide pyrogallique, alcool, sulfate de fer, cyanure de potassium, hyposulfite de soude, chlorure d'or, etc., etc.

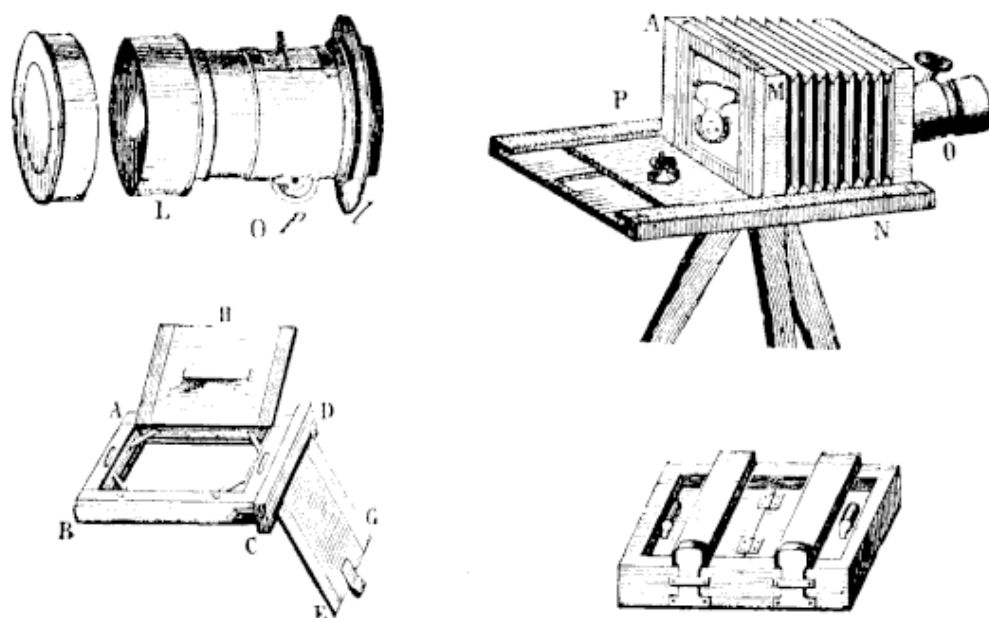


Fig. 86.

393

CHAMBRES NOIRES CARRÉES

A Soufflet — Queue brisée — Crémaillère

1. 1/4 de plaque	45 f.
2. 1/2 plaque	70 f.
3. Plaque normale	95 f.
4. Plaque 21 × 27	110 f.
5. Plaque 24 × 30	130 f.
6. Plaque 27 × 33	160 f.
7. Plaque 30 × 40	210 f.

394

OBJECTIFS RAPIDES A OBTURATEUR

Pour Portraits et Paysages

1. 1/4 de plaque	42 millimètres pour carte de visite.....	50 f.
2. 1/2 plaque	61 —	80 f.
3. Plaque	81 —	190 f.
4. 4 Pouces	108 —	350 f.
5. 5 Pouces	135 —	500 f.
6. 6 Pouces	162 —	1000 f.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

395

OBJECTIFS APLANÉTIQUES

Pour Groupes et Paysages

1. Pour glaces	9 × 13	55 f.
2. —	13 × 18	60 f.
3. —	18 × 24	75 f.
4. —	24 × 30	120 f.
5. —	30 × 40	250 f.

396

Obturbateur instantané de Jules Duboscq

adapté aux objectifs sur demande.

Selon la grandeur de 30 à 60 f.

397

Appareil de voyage, avec objectif rectiligne, chambre pour glaces 9 × 12, montée avec base brisée, vis de rappel pour mise au point—trois châssis doubles pour 6 glaces au gélatino bromure, pied solide — le tout parfaitement construit..... 190 f.

398

Appareil de voyage. Ce petit appareil se compose d'une petite chambre noire avec objectif à obturbateur instantané — Châssis à escamoter à rideau — une boîte double à escamoter contient dix glaces ; on peut en pleine lumière mettre et retirer les glaces de la chambre noire, sans crainte de voiler les épreuves.

Au moyen de la double boîte on enlève les 10 glaces qui ont été impressionnées et on les remplace par dix autres contenues dans une autre double boîte ; le changement se fait dans un sac noir dans lequel on entre les mains..... 500 f.

399

VERRES ET GLACES

VERRES.			GLACES.		
9 × 12	pièce	0 f. 25	9 × 12	pièce	0 f. 60
13 × 13	—	0 f. 35	13 × 18	—	1 f. 40
18 × 24	—	0 f. 65	18 × 24	—	2 f. 40
21 × 27	—	1 f. 00	21 × 27	—	3 f. 60
24 × 30	—	1 f. 30	24 × 30	—	4 f. 25
27 × 33	—	1 f. 75	27 × 33	—	4 f. 75

400 PLAQUES SÈCHES PRÉPARÉES

Au Gélatino Bromure d'argent. — Émulsion particulière

9 × 12 la douzaine.....	6 f.
13 × 18 —	7 f.
18 × 24 —	14 f.
21 × 27 —	20 f.
24 × 30 —	25 f.
27 × 33 —	45 f.

401 PLAQUES SÈCHES SENSIBLES

Au Gélatino Bromure d'argent, pour la Projection

Émulsion particulière

8 1/2 × 8 1/2 pièce	0 f. 45 c.
8 1/2 × 10 —	0 f. 50 c.

La maison se charge de la fourniture de tous les accessoires, tels que pieds d'atelier, appuis tête de tous modèles, lanternes, presses, cuvettes, etc., etc.

- 402 **Polyconographe de Jules Duboscq**, pour obtenir 9 épreuves de 4 × 6 sur la même glace, le pied sert de canne. Le tout renfermé dans une gibecière..... 200 f.
- 403 **Appareil pour photographies microscopiques** permettant de faire 60 épreuves sur une même plaque, d'après un cliché 9 × 12, avec un seul objectif..... 450 f.

APPAREILS DE GRANDISSEMENT

- 404 **Chambre avec grand condenseur** pour cliché de 25 c. avec objectif double et dispositif spécial à crémaillère pour les clichés..... 1000 f.
- On peut employer pour éclairer l'instrument, soit le réflecteur n° 4, soit l'héliostat Foucault n° 5.
- Soit la lanterne photogénique n° 36, avec régulateurs électriques, n°s 22, 23.
- 405 **Appareil de grandissement** à la lumière solaire pour cliché de 80 millimètres et porte-lumière solaire mobile à la main..... 400 f.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

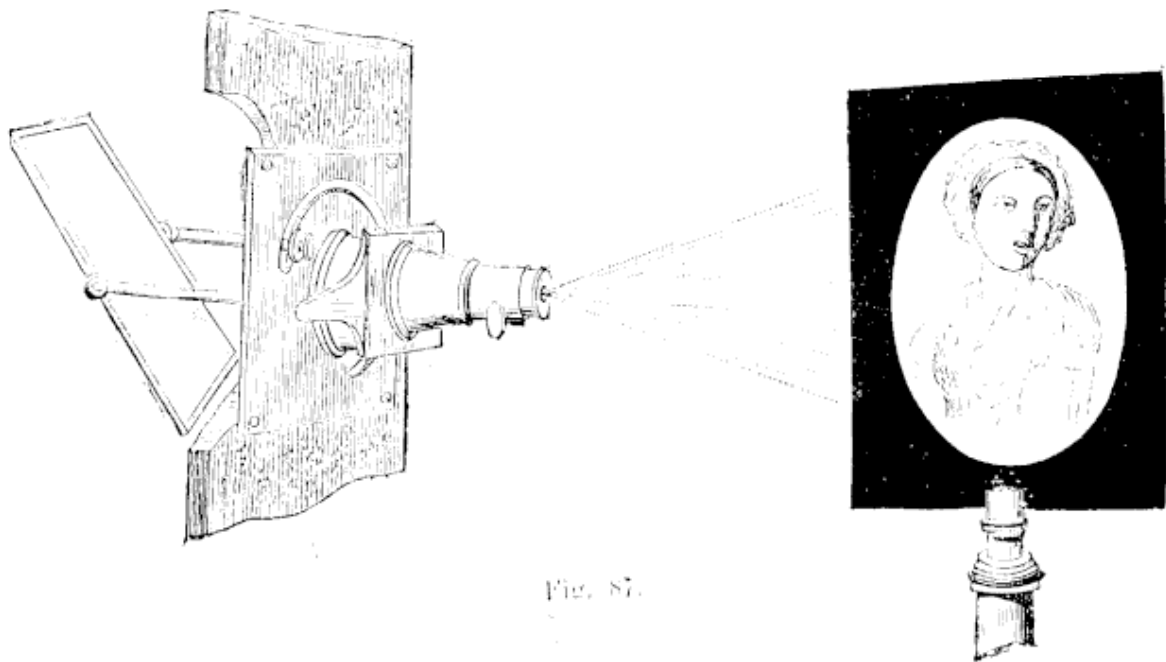


Fig. 87.

- 405 bis **Le même** pour opérer à la lumière électrique avec tous les accessoires, lanterne, régulateur électrique, objectif. 4000 f.
- 406 **Appareil** de grandissement à la lumière solaire avec chambre et grand condenseur pour clichés de 25 c.
S'éclaire comme le n° 404. 1450 f.

APPLICATION DE LA PHOTOGRAPHIE A LA LEVÉE DE PLANS

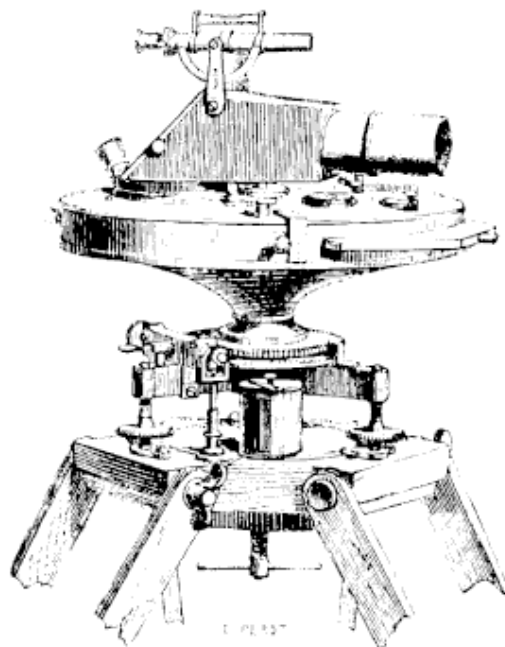


Fig. 88.

- 407 **Planchette photographique de Auguste Chevallier** permettant de reproduire sur une surface horizontale fixe, l'image des objets qui se trouvent dans un tour d'horizon; un fil tendu sur l'ouverture donne sur la photographie une ligne de niveau 1500 f.

CHAPITRE XVI.

APPAREILS DIVERS

Appareils enregistreurs.

- 408 **Appareil de M. Mascart**, enregistrant photographiquement et automatiquement le magnétisme terrestre..... 650 f.
- 409 **Appareil de M. Mascart**, enregistrant photographiquement et automatiquement l'électricité atmosphérique..... 580 f.

Une notice spéciale indiquant les accessoires est envoyée sur demande.

Ces appareils fonctionnent au Collège de France; aux Observatoires de Paris, Saint-Maur, Clermont-Ferrand, Perpignan, Besançon, Nancy, Toulouse, Florence, Varsovie, etc., etc.

Voir la planche spéciale des Enregistreurs.

- 410 **Héliographe enregistreur.** Cet appareil se compose d'une sphère en cristal de 100 millimètres de diamètre supportée par une pièce de forme particulière, avec partie de sphère en bronze.
- Les rayons solaires, après leur passage dans la sphère en cristal, font une ligne continue ou des séries de points sur des cartons horaires.
- On constate ainsi la présence du soleil et son intensité pendant sa durée au-dessus de l'horizon..... 200 f.

-
- 411 **Supports et Cristaux**, à monter sur un spectroscope pour répéter les expériences de M. **Mascart**, sur la diffraction et interférences dans la lumière polarisée..... 200 f.

On peut employer notre spectroscope n° 179; ou mieux le spectroscope n° 181.

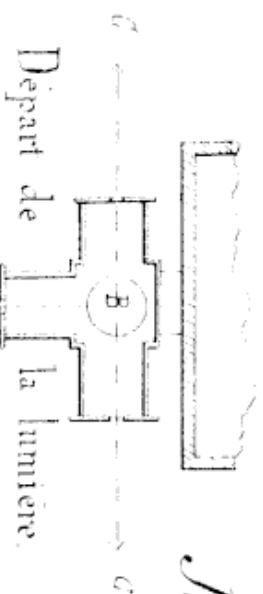
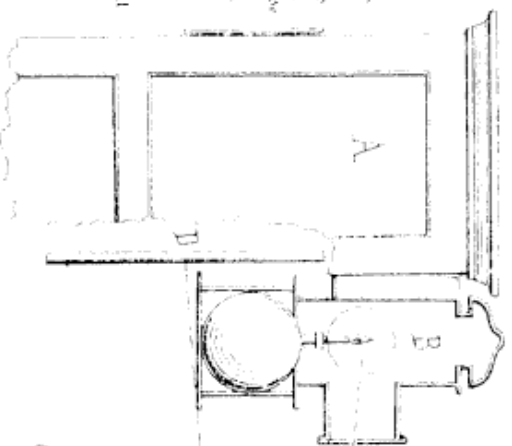
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Enregistreurs du Magnétisme et de l'Electricité Atmosphérique

Construits par

Jules Duboscq.

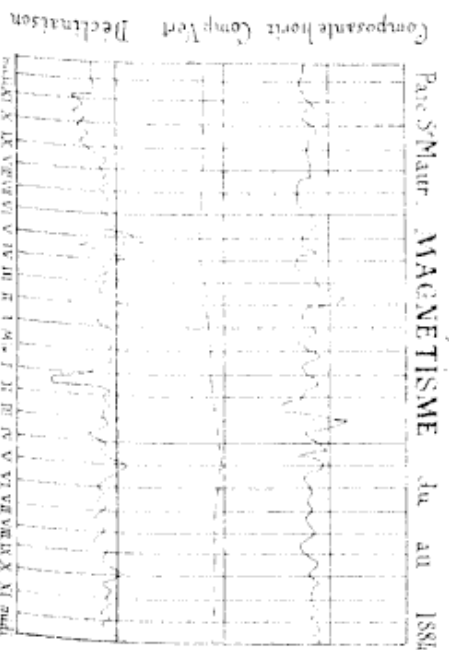
- A. Verlage pour le magnétisme.
- B. Luminère à trois directions.
- C. Chassis portant le papier sensible.
- A₁ Verlage pour l'électricité.
- B₁ Luminère à une direction.
- C₁ Miroir oscillant.
- D₁ Éclairage.



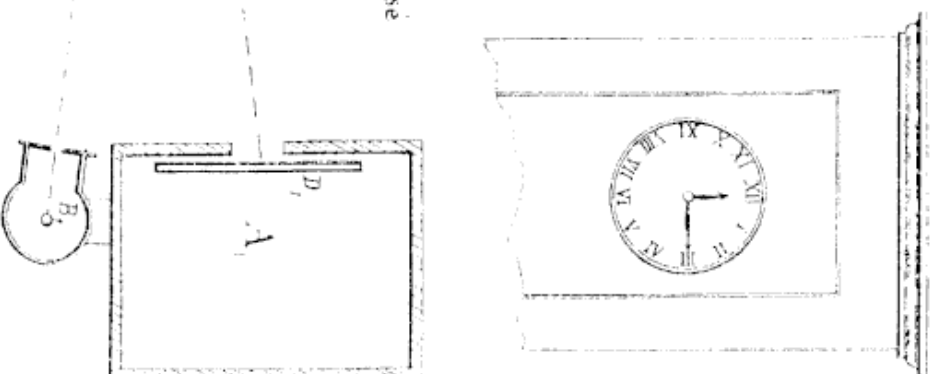
Départ de la lumière.



Formation des images sur le papier sensibilisé



Enregistreur Électrique.



Ces supports, placés sur un des spectroscopes désignés, sont destinés à recevoir toutes les fiches du banc de diffraction et d'interférences, Biprisme de **Fresnel**, Biprisme de **M. Mascart**.

412 **Biprisme de Fresnel**..... 35 f.

413 **Biprisme de M. Mascart**..... 35 f.

Si dans ces expériences on veut employer les miroirs de **Fresnel**, le spectroscope doit être construit d'une manière spéciale — l'axe des lunettes est à 7 centimètres au-dessus du plateau porte-fiche — le collimateur et la lunette d'observation sont montés à tourillon — le collimateur est disposé de façon à donner à volonté des rayons parallèles, divergents, convergents — la lunette d'observation a un double tirage.

414 **Spectroscope spécial** (sans les prismes) pour les expériences de **M. Mascart**..... 450 f.

Voir le *Journal de Physique*, tome I, 1872.

415 **Cuve à acide phénique** (Expérience de **M. Mascart**) permettant de connaître le degré de trempe du verre et sa pureté moléculaire... 20 f.

Se place sur l'appareil n° 330.

Séance de la *Société de Physique*, 13 mars 1874.

416 **Réfractomètre de M. Soret** destiné à mesurer les indices de réfraction et la dispersion des corps solides.

Voir *Archives de Genève*, 3^e série, tome IX, 1883, et *Journal de Physique*, tome II, 1883.

417 **Appareil de M. Piltchikoff** pour mesurer l'indice de réfraction des liquides dont on possède un petit échantillon.

On se sert de la formule des lentilles.

Voir le *Journal de Physique*, tome I, 1882.

418 **Spectroscope à grande dispersion de M. Cornu** ayant une seule lunette pour la collimation et l'observation ; construit par la Maison en 1880.

Voir le *Journal de Physique*, tome II, 1883.

- 419 **Appareil de M. Cornu** pour déterminer expérimentalement les éléments principaux d'un système optique.
Construit par la Maison et décrit dans le *Journal de Physique*, tome VI, 1877.
- 420 **Dispositif** pour répéter les expériences de M. E. Ketteler.
Le fixateur, appareil complémentaire du spectroscopie.
Voir le *Journal de Physique*, tome I, 1882.
- 421 **Diaphragme** pour l'expérience de projection du foyer d'un prisme (M. Crova).
Voir le *Journal de Physique*, tome I, 1882..... 20 f.
- 422 **Appareil de M. Quincke** montrant la double réfraction qui se développe dans le sulfure de carbone à l'aide de l'électricité statique.
Avec Nicols et compensateur de Babinet.
Voir le *Journal de Physique*, tome II, 2^e série, 1884.
- 423 **Quartz taillés** pour les expériences de W. C. Rontgen.
Voir le *Journal de Physique*, 2^e série, tome III, 1884.
- 424 **Support spectro-électrique**, sur pied, avec lentille de concentration à court foyer pour l'observation des liquides, gaz, métaux..... 120 f.
Ce support peut recevoir les accessoires du n° 494.
Se place devant les nos 179, 180, 181, 182, 183, 184.
- 425 **Double lunette photométrique à lumière polarisée de M. Desains.**
- 426 **Double [lunette photométrique de M. Wroblewski** (Université de Cracovie) avec cuve d'absorption..... 450 f.
- 427 **Grand Appareil de torsion de M. Potier**, pour la projection ; un miroir mobile s'adapte aux fils.
- 428 **Collection de Photographies astronomiques de M. Wolf.**
Cette collection, composée de 150 tableaux, montre l'histoire complète de l'astronomie depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours..... 300 f.

- A été exécutée sur les indications de M. **Wolf** pour les cours de physique astronomique de la Sorbonne.
Se place sur les appareils nos 60, 61, 61 *bis*, 77.
- 429 **Appareil de M. Daniel** (ancien professeur à l'École Centrale), pour montrer en projection les effets mécaniques de l'électricité dynamique — avec cuve mobile — et mouvement de réglage 80 f.
Se place devant les nos 60, 61, 61 *bis*.
- 430 **Appareil de Daniell** pour montrer en projection la décomposition des sels ternaires.
Au moyen du sirop de violette on montre que le métal du sel se rend au pôle négatif, tandis que l'acide et l'oxygène de l'oxyde se rendent au pôle positif. 40 f.
- 431 **Lactoscope du docteur Donné** à glaces parallèles, donnant immédiatement la richesse en crème de toute espèce de lait.
Une notice est remise avec l'appareil. 25 f.
- 431 *bis* **Le même** dans une boîte gainée. 27 f.
- 432 **Appareil de M. Plateau** pour montrer les lois d'équilibre d'une masse liquide soustraite à l'action de la pesanteur, avec série de figures. 160 f.
- 433 **Machine à diviser** les thermomètres pour les laboratoires, avec compteur automatique. Modèle fourni à la Sorbonne, École normale supérieure, principaux lycées. 600 f.
- 434 **Laryngoscope** du docteur **Krishaber**. 40 f.
- 435 **Miroirs laryngiens** de toute forme. 3 f.
- 435 *bis* **Les mêmes** avec manches. 6 f.
- 436 **Optomètre de MM. Périn et Mascart**. 100 f.
- 437 **Optomètre du docteur Galezowski** 90 f.
- 438 **Ophthalmoscope du docteur Galezowski** 90 f.
- 439 **Boîte de verres d'essai**, comprenant tous les numéros concaves et convexes. de 150 à 300 f.
- 440 **Appareil de M. Boudréaux** pour montrer en projection le renversement des raies des métaux. 100 f.

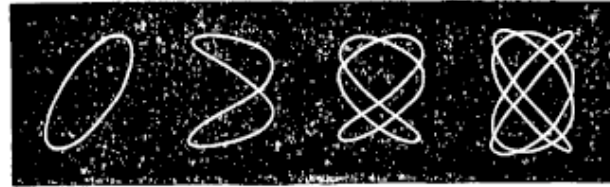
-
- 441 **Rampe** de cinq brûleurs pour expériences diverses dans la lumière monochromatique..... 80 f.
- 442 **Lampe à incandescence** montée sur pied pour la démonstration 35 f.
- 443 **Rampe** de quatre lampes à incandescence, montées en dérivation, pour la démonstration..... 120 f.
- 444 **Appareil de Boutigny** pour montrer en projection l'état sphéroïdal, exécuté pour M. **Boutan**, conférence de la Sorbonne, 1867. Se place devant les n^{os} 61, 61 *bis*..... 100 f.
- 445 **Jumelles** à trois oculaires mobiles pour grossissements variables de 50 à 120 f.
- 445 *bis* **Jumelles** de différents modèles..... de 20 à 80 f.
(La partie optique est très soignée)
- 446 **Lunettes, Pince-nez**, verres en cristal de roche, premier choix.
- 446 *bis* **Lunettes et Pince-nez** à verres noirs pour observer la lumière électrique..... 6 f.
- 447 **Stéphanoscope d'Arago**, sert à voir le fond de l'eau et à éviter les écueils..... 20 f.
- 448 **Tableau de M. Louis d'Henry**, représentant les phénomènes de polarisation rotatoire du quartz, sous différentes épaisseurs. .
Séance de la *Société de Physique*, 7 mars 1884.
-

- 449 **Appareils de L. Foucault et de M. Ad. Martin** pour l'observation et la vérification des surfaces planes et de révolution.
Voir les notes de M. **Ad. Martin** dans les comptes rendus de l'*Académie des Sciences*, 29 novembre 1869; 21 et 28 février 1870.



CHAPITRE XVII.

ACOUSTIQUE EN PROJECTION



UNI-SON.

OCTAVE.

QUINTE.

QUARTE.

Fig. 89.

450 **Série** de quatre diapasons pour la combinaison de deux mouvements vibratoires parallèles et rectangulaires, par la méthode optique de **Lissajous**.

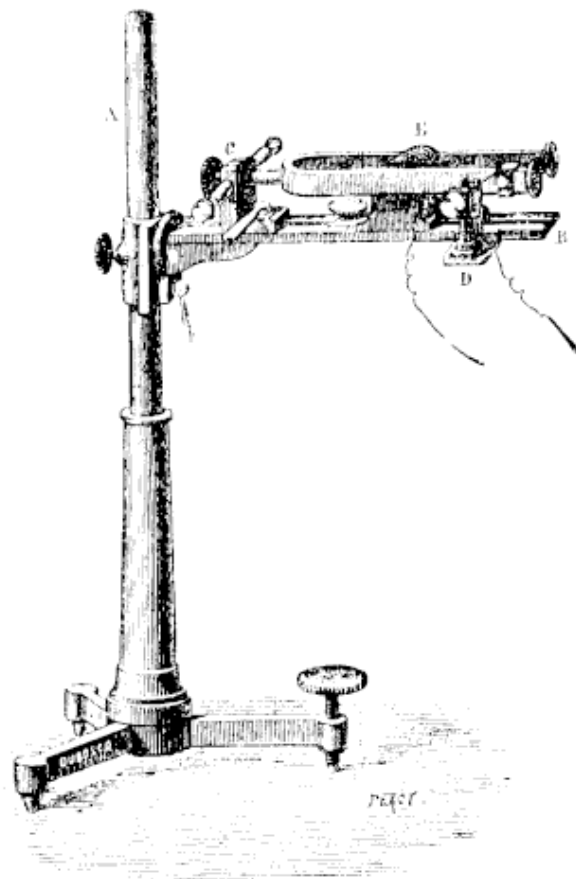
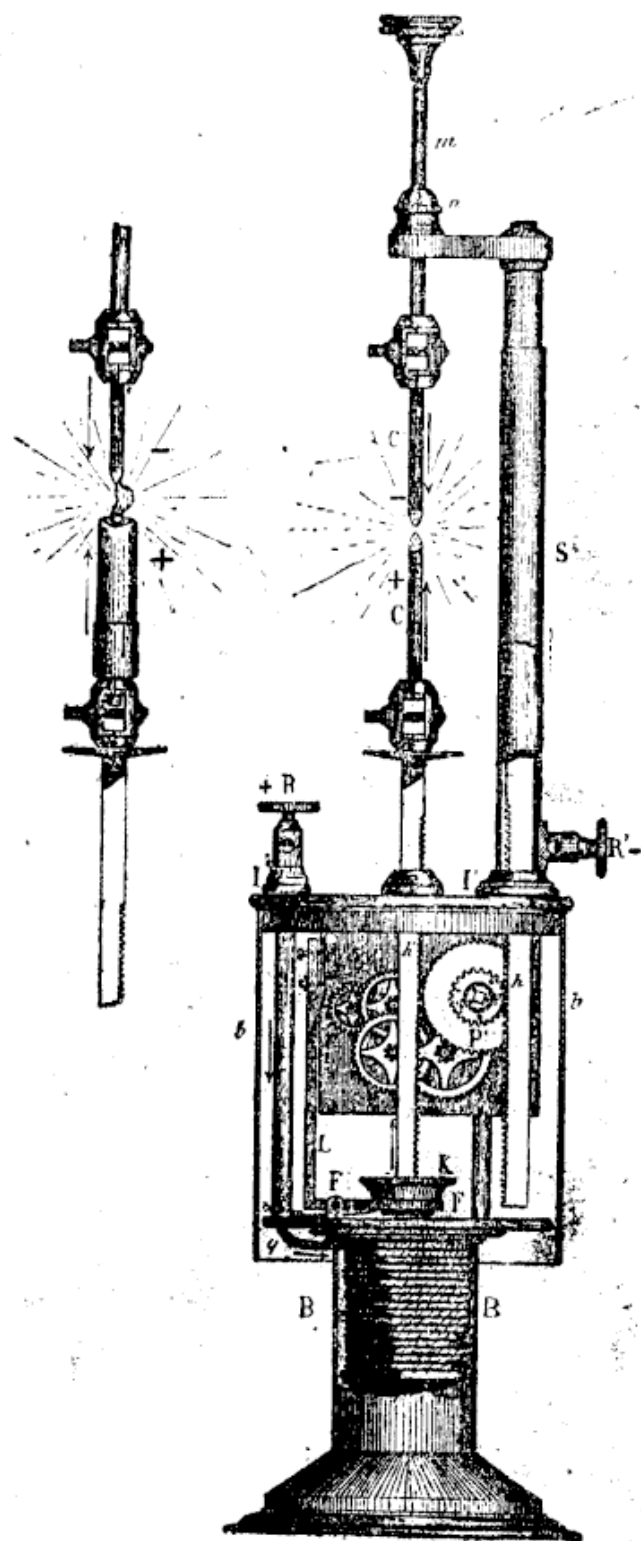


Fig. 90.

Ces diapasons se placent sur des supports en chêne; on les fait vibrer au moyen d'un archet 250 f.

-
- 451 **La même série** entretenue électriquement avec deux supports métalliques 725 f.
- 452 **Deux Diapasons** de M. Mercadier.
Ces diapasons munis de masses mobiles, et dont les vibrations sont entretenues électriquement, permettent de répéter les expériences de **Lissajous**..... 300 f.
- 453 **Chronographe** enregistreur à la main, composé d'un cylindre en cuivre de 0, 30 monté sur vis, avec mouvement à manivelle..... 300 f.
- 453 bis **Le même**, avec un diapason à style, entretenu électriquement et compteur..... 600 f.
- Plaques de Chladni**, voir n° 94.
- Appareil** pour la propagation des ondes à la surface du mercure, voir n° 91.
- 454 **Appareil de M. Terquem**, destiné à démontrer en projection la propagation du son dans les gaz, propagation des chocs de faible durée — propagation des ondes sonores — réflexion du son et ondes fixes; se place devant les n°s 60, 61, 61 bis. Avec châssis à fente rectiligne 40 f.
-

Tous les Instruments du présent Catalogue sont construits
dans nos Ateliers.



LE MANS, TYPOGRAPHIE ED. MONNOYER.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

