

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES

DE STRASBOURG

TROISIÈME ANNÉE — TOME III

STRASBOURG

TYPOGRAPHIE DE G. SILBERMANN, PLACE SAINT-THOMAS, 3

1870

COLLECTIONS DES PUBLICATIONS

DE LA

SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES DE STRASBOURG

En vente au siège de la Société

GRANDE RÉDUCTION DE PRIX.

BULLETIN, le volume, au lieu de 3 fr.	2 fr.
La collection des trois premières années, 1868-1870, au lieu de 9 fr.	5 »
MÉMOIRES, le volume in-folio, au lieu de 40 à 50 fr.	20 »
La collection des t. II à VI	75 »
Le t. I est épuisé.	

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES
DE STRASBOURG.

Ce Bulletin paraît tous les mois, s'il y a lieu, et est gratuitement adressé à tous les membres de la Société. Les personnes étrangères à la Société peuvent s'abonner à cette publication moyennant la somme de 3 fr. par an, qui peut être envoyée en timbres-poste au Président.

**LISTE DES MEMBRES COMPOSANT LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES
NATURELLES DE STRASBOURG,**

INSCRITS SUIVANT L'ORDRE ALPHABÉTIQUE.

M. LE BARON PRON, préfet du Bas-Rhin, président honoraire.

Membres résidants.

- MM. ARONSSOHN**, professeur agrégé à la Faculté de médecine; 3 janvier 1865.
ARONSSOHN (J.), médecin-major; 7 février 1865.
BACH, doyen de la Faculté des sciences; 9 janvier 1861.
BAUDELOT, professeur de zoologie à la Faculté des sciences; 9 janvier 1866.
BLEICHER, docteur en médecine; 7 juillet 1869.
BOECKEL (Eugène), professeur agrégé à la Faculté de médecine; 19 mars 1867.
BOUCHARD, professeur agrégé à la Faculté de médecine; 2 juin 1869.
ENGEL, professeur agrégé à la Faculté; 7 juin 1864.
ENGELHARDT, docteur ès sciences à Niederbronn; 7 février 1865.
FÉE, professeur à la Faculté de médecine, directeur du Jardin botanique; 6 novembre 1832.
FÉE (Félix), médecin-major; 19 février 1867.
FELTZ, professeur agrégé à la Faculté de médecine; 7 février 1865.
GAY (J.), professeur au Lycée de Strasbourg; 19 février 1867.
GROSS, docteur en médecine; 16 décembre 1868.
HECHT, professeur agrégé à la Faculté de médecine; 3 janvier 1865.
HEPP, pharmacien en chef des hospices civils; 3 mars 1863.
HERRENSCHMIDT, docteur en médecine; 15 janvier 1867.
HEYDENREICH, pharmacien; 31 mai 1864.
HURTZ, professeur à la Faculté de médecine; 3 janvier 1865.
HUGENY, professeur au Lycée de Strasbourg; 5 juillet 1859.

- MM. **JACQUEMIN**, professeur à l'École supérieure de pharmacie; 3 février 1857.
KELLER, ingénieur des mines; 4 avril 1865.
KLEIN, pharmacien; 4 juillet 1865.
KOEBERLÉ, professeur agrégé à la Faculté de médecine; 7 juillet 1857.
KÜSS (E.), professeur à la Faculté de médecine; 5 avril 1842.
LAUTH (Fréd.), docteur en médecine, membre du Comité d'administration du Muséum d'histoire naturelle; 2 mars 1830.
LIÈS-BODARD, professeur à la Faculté des sciences; 4^{er} décembre 1857.
MILLARDET, docteur ès sciences naturelles; 5 mai 1869.
MONOYER, professeur agrégé à la Faculté de médecine; 4 juillet 1865.
MOREL, professeur à la Faculté de médecine; 9 juin 1857.
OPPERMANN, directeur de l'École supérieure de pharmacie; 15 octobre 1833.
OBERLIN, docteur en médecine, professeur à l'École supérieure de pharmacie; 10 décembre 1855.
RAMEAUX, professeur à la Faculté de médecine; 5 juillet 1859.
RITTER, professeur agrégé à la Faculté de médecine; 4 décembre 1866.
ROBERT, docteur en médecine; 31 mars 1863.
SAINT-LOUP, professeur de mécanique à la Faculté des sciences; 15 janvier 1867.
SCHIMPER (W. Ph.), professeur à la Faculté des sciences, directeur du Muséum d'histoire naturelle, correspondant de l'Institut; 15 octobre 1833.
SCHLAGDENHAUFFEN, professeur à l'École supérieure de pharmacie; 5 juillet 1859.
SCHÜTZENBERGER (Ch.), professeur à la Faculté de médecine; 1^{er} février 1837.
SILBERMANN (G.), imprimeur, membre du Comité d'administration du Muséum d'histoire naturelle; décembre 1828; membre fondateur.
STOEBER (Vict.), professeur à la Faculté de médecine; 19 avril 1837.
TERQUEM, professeur de physique à la Faculté des sciences; 4 décembre 1866.
WELTER, commandant d'artillerie; 16 décembre 1868.
WIEGER, professeur à la Faculté de médecine; 9 juin 1857.
WILLEMEN, docteur en médecine; 8 mai 1867.
ZEYSSOLFF (G.), docteur en médecine, médecin communal; 15 avril 1834.

Membres associés.

- ANDRÉ (Oscar)**, chimiste; 15 janvier 1867.
DELBOCQUE, directeur de la Monnaie; 15 janvier 1867.
CURMANN (Aug.), ancien négociant; 6 mars 1843.

- MM. HECHE (Eugène), consul; 15 janvier 1867.
 LEMAISTRE-CHABERT, adjoint au maire; 9 janvier 1861.
 OESINGER (Eug.), propriétaire; 4 avril 1865.
 RENOUARD DE BUSSIERRE, député; 19 février 1867.
 REY, professeur au Lycée; 15 janvier 1867.
 SENGENWALD (Rodolphe), négociant; 15 janvier 1867.

Membres correspondants.

- AGASSIZ, docteur en médecine, professeur à Boston; 3 mars 1832.
 ALBERTI, directeur des Salines à Wilhelmshall (Wurtemberg);
 30 janvier 1829.
 ALTHAUS, directeur des Salines à Dürrhein (Bade); 30 janvier 1829.
 ARESCHOUG, professeur à Upsal; 11 janvier 1859.
 ASA-GRAY, professeur à Boston; 2 décembre 1851.
 BAILY (W. H.), paléontologiste de la Commission géologique d'Ir-
 lande, à Dublin; 5 février 1868.
 BABINET, capitaine d'artillerie; 5 novembre 1865.
 BARBOZA-DUBOUGE, membre de l'Académie royale de Lisbonne;
 12 mars 1862.
 BERTIN, directeur de l'École normale supérieure à Paris; 6 fé-
 vrier 1849.
 BILLY (de), inspecteur général des mines à Paris, ancien membre
 résidant; 2 décembre 1851.
 BRANDT, directeur du Musée de Saint-Petersbourg; 8 février 1848
 BRAUN (Al.), professeur à l'Université de Berlin; 21 octobre 1829.
 BRÉBISSON (Alph. de), naturaliste à Falaise (Calvados); 15 décem-
 bre 1835.
 BRUCH (Carl), professeur d'anatomie, à Offenbach; 5 janvier 1864.
 BRULLÉ, professeur de zoologie et doyen de la Faculté des sciences
 de Dijon; 3 mars 1863.
 BUCHINGER, ancien inspecteur de l'instruction primaire, à Stras-
 bourg; 24 novembre 1829.
 CARRIÈRE (Ed.), docteur en médecine à Saint-Dié; 1^{er} août 1848.
 CASTAN, capitaine d'artillerie; 5 juin 1866.
 CHIELENS, naturaliste à Tirlemont (Belgique); 3 mai 1864.
 COLLINS (Math.), professeur à Dublin; 2 juin 1869.
 COLLOMB, géologue à Paris; 2 février 1847.
 COULON (Louis), propriétaire à Neuchâtel (Suisse); 1^{er} décem-
 bre 1835.
 DAUBRÉE, membre de l'Institut, inspecteur général des mines,
 professeur au Jardin-des-Plantes, ancien membre résidant;
 août 1861.
 DECHEN, directeur général des mines à Bonn; 5 novembre 1850.
 DELACHOIX, docteur en médecine, inspecteur des eaux de Luxeuil;
 9 juin 1868.
 DELESSE, ingénieur des mines, à Paris; 8 février 1848.
 DES MOULINS, président de la Société linnéenne de Bordeaux; 10
 novembre 1857.

- MM. DO CASTELLO DE PAÏVA, membre de l'Académie royale à Lisbonne; 4 décembre 1866.
- DOLLFUS-AUSSET (Daniel), fabricant à Mulhouse; 2 décembre 1851.
- DURIEU DE MAISONNEUVE, directeur du Jardin botanique à Bordeaux; 10 novembre 1857.
- DUVAL-JOUVE, inspecteur de l'Académie de Montpellier, ancien membre résidant; 4 avril 1865.
- ESCHRICHT, professeur à Copenhague; 8 février 1848.
- FAEDEL, docteur en médecine à Colmar; 8 mai 1867.
- FAYRE (Alph.), professeur de géologie à Genève; 2 décembre 1862.
- FLAMMARION (Camille); 4 novembre 1868.
- FRANÇOIS (Jules), inspecteur général des mines à Paris; 9 juin 1868.
- GEINITZ (H. B.), professeur à l'École polytechnique de Dresde; 5 février 1868.
- GLAZIOU, directeur du Jardin botanique de Rio-Janeiro; 4 mars 1868.
- GOULD (John), membre de la Société royale de Londres; 8 février 1848.
- GRAD (Ch.), naturaliste à Turckheim (Haut-Rhin); 6 février 1869.
- GRAY (John-Edward), directeur du Musée britannique; 8 février 1848.
- GRAY (George-Robert), inspecteur du Musée britannique; 8 février 1848.
- GRENIER, doyen de la Faculté des sciences à Besançon; 7 janvier 1834.
- HELLIER-BAILY, de la Commission géologique de l'Irlande; 4 mars 1868.
- HOGARD (Henri), membre de la Société d'émulation des Vosges, à Epinal; 1^{er} novembre 1831.
- JOLY, docteur en médecine, professeur à la Faculté des sciences de Toulouse; 6 février 1844.
- JOUAN, capitaine de frégate à Brest; 1^{er} décembre 1863.
- JOURDAN, ancien professeur à la Faculté des sciences de Lyon; 20 juillet 1836.
- KOPP (É.), professeur de chimie à Turin.
- KOSSMANN, docteur ès sciences à Neuf-Brisach; 9 janvier 1866.
- KUTORGA, professeur à Saint-Petersbourg; 4 juin 1855.
- LADREY, professeur de chimie à la Faculté des sciences de Dijon; 3 mars 1863.
- LEA, membre de l'Académie de Philadelphie; 4^{er} juillet 1856.
- LEJEUNE, colonel du génie à Metz; 4^{er} décembre 1835.
- LEJEUNE, chef d'escadron d'état-major; 3 juillet 1860.
- LESQUEREX, naturaliste à Columbus (Amérique); 5 novembre 1850.
- LEVALLAIS, ingénieur en chef des mines; 2 février 1830.
- LORENTZ, conservateur des forêts, à Strasbourg; 2 février 1830.
- LORTET (L.), professeur à la Faculté des sciences de Lyon; décembre 1868.
- LOVEN, membre de l'Académie de Stockholm; 8 février 1848.
- LUDWIG, ingénieur civil à Darmstadt; 5 juillet 1859.
- LÜROTH, docteur en médecine à Bischwiller (Bas-Rhin); 4^{er} novembre 1831.

- MM. **MONNIER**, propriétaire à Nancy; 2 février 1830.
- MOORE** (David), directeur du Jardin botan. de Dublin; 4^{er} août 1865.
- MORIS**, professeur de botanique à Turin; 10 novembre 1846.
- MORREN** (Édouard), professeur de botanique à l'Université de Liège; 12 janvier 1859.
- NARDO** (de), professeur à Venise; 6 février 1844.
- NÆGELI**, professeur de botanique à Munich; 7 mai 1855.
- NICKLÈS**, pharmacien à Benfeld (Bas-Rhin); 5 décembre 1837.
- NOTARIS** (de), professeur de botanique à Gènes; 10 novembre 1846.
- OWEN** (Richard), membre de la Société royale de Londres; 8 février 1848.
- PARLATORE**, professeur de botanique à Florence; 10 novembre 1846.
- PICTET**, professeur à Genève; 7 décembre 1841.
- POUCHET**, correspondant de l'Institut, à Rouen; 7 janvier 1856.
- QUATREFAGES** (A. de), membre de l'Institut, professeur au Jardin des-Plantes à Paris; 2 juin 1835.
- QUETELET**, secrétaire perpétuel de l'Académie de Bruxelles; 4^{er} décembre 1863.
- SANDBERGER**, professeur à Würzburg; 4 août 1856.
- SANTO GAROVAGLIO**, professeur de botanique à Pavie; 4^{er} août 1865.
- SCHIMPER** (W.), naturaliste-voyageur en Abyssinie; 20 janvier 1835.
- SECCHI**, directeur du Collège Romain de Rome; 4 mars 1868.
- SIEBOLD** (Th. de), professeur à Munich; 8 février 1848.
- STANNIUS**, professeur à Rostock; 6 juin 1846.
- STIRTON** (James), docteur en médecine à Glasgow; 6 février 1869.
- STUDER**, professeur à l'Université de Berne; 21 octobre 1829.
- SUNDEVALL**, directeur du Musée zoologique de Stockholm; 8 février 1848.
- TARGIONI-TOZZETTI**, professeur de botanique à Florence; 10 novembre 1846.
- TASCHE**, directeur des salines à Salzhausen; 5 juillet 1859.
- THOMAS MOORE**, directeur du Jardin botanique de Chelsea; 7 mai 1851.
- VALENTIN**, professeur à Berne; 8 février 1848.
- VILLEMEN**, docteur en médecine, professeur au Val-de-Grâce; 4 août 1857.
- VROLIK**, directeur du Musée d'Amsterdam; 8 février 1848.
- WILLM**, docteur ès sciences à Paris; 8 mai 1867.
- WURTZ**, doyen de la Faculté de médecine de Paris; 2 décembre 1845.
- WYDLER**, professeur à l'Université de Berne; 8 octobre 1844.

Séance du 5 janvier 1870.

Présidence de M. ENGEL.

ORDRE DU JOUR. Élection d'un vice-président. — Cage de Faraday. Des sons produits par la sirène (M. TERQUEM).

M. Schimper, président pour l'année 1869, cède la présidence au vice-président M. Engel pour l'année 1870.

Le président met aux voix la nomination d'un vice-président.

Sur 13 votants, M. le docteur Morel réunit 7 voix et M. le professeur Baudelot 6.

M. le docteur Morel est nommé vice-président pour l'année 1870.

La Société procède ensuite à la nomination d'un secrétaire-archiviste. M. le professeur Millardet est nommé à l'unanimité.

M. Terquem indique une disposition nouvelle de l'expérience de Faraday, destinée à montrer qu'un corps placé dans une enveloppe conductrice n'est pas électrisé.

Il fait connaître la suite de ses travaux sur les sons produits par la sirène d'après la forme des ouvertures.

Le secrétaire, SAINT-LOUP.

PHYSIQUE. — *Note sur un appareil destiné à la démonstration de la distribution de l'électricité à la surface des corps conducteurs (M. Terquem).*

Dans tous les ouvrages relatifs à l'électricité, on signale les expériences de Faraday relatives à la distribution de l'électricité à la surface des corps conducteurs. L'éminent physicien, comme l'on sait, s'était renfermé lui-même, avec divers instruments très-déliçats, dans l'intérieur d'une grande cage de bois couverte de papier, suspendue à l'aide de cordons de soie. Cette cage communiquait avec une machine électrique très-puissante; de fortes aigrettes se formaient spontanément à tous les angles; dans l'intérieur, on ne constatait pas trace de phénomènes électriques; l'électroscope à feuilles d'or le plus sensible ne bougeait pas.

J'ai cherché à réaliser cette expérience en petit, de manière à la reproduire facilement dans les cours. On prend une cage

d'oiseaux ordinaire, suspendu à des conducteurs isolés en communication avec une bonne machine électrique; contre les parois de la cage, en dedans et en dehors, sont suspendues des bandes de papier; sur le plancher de la cage, on place des feuilles de clinquant; on suspend aux barreaux supérieurs un faisceau de fils de lin et un autre par dessous. Dans la cage, on introduit un petit électroscope à feuilles d'or, et enfin on y place un oiseau.

Si on électrise la cage isolée, on constate qu'il ne se produit absolument rien dans l'intérieur de la cage; les barbes de papier extérieures s'écartent seules de la paroi; on peut tirer des parois de fortes étincelles, l'oiseau ne paraît pas s'apercevoir de l'état particulier de l'espace dans lequel il est confiné; le contraste des phénomènes extérieurs et intérieurs devient, dans cette expérience, complètement manifeste sans qu'on soit obligé de donner la moindre explication. A ce point de vue, c'est une des plus curieuses expériences et des plus simples, par la localisation des propriétés électriques dans les corps qui sont dans cet état particulier qu'on désigne en disant qu'ils sont électrisés.

PHYSIQUE. — *Étude des sons produits par la sirène*
(M. **Terquem**).

(Suite; voir le *Bulletin* n° 6, 2^e année.)

J'ai démontré précédemment que, pour obtenir le coefficient d'un terme quelconque de la série de Fourier, on pouvait prendre arbitrairement l'origine du temps, et en particulier on choisira celle-ci autant que possible de telle sorte que l'un des deux coefficients A_m ou B_m soit nul. Si l'on prend l'origine du temps au milieu même de l'intervalle pendant lequel $F(t)$ a des valeurs sensibles, et si $F(t)$ est le même pour les valeurs négatives de t et pour les valeurs positives, on aura :

$$B_m = \frac{2}{T} \int_{-\varepsilon}^{+\varepsilon} F(t) \sin 2\pi \frac{mt}{T} dt = 0.$$

$$A_m = \frac{2}{T} \int_{-\varepsilon}^{+\varepsilon} F(t) \cos 2\pi \frac{mt}{T} dt = \frac{4}{T} \int_0^{\varepsilon} F(t) \cos 2\pi \frac{mt}{T} dt = a_m.$$

Il en est de même si, $F(t)$ ayant deux formes différentes pour les valeurs négatives et positives de t , $f_1(t)$ et $f(t)$, on avait :

$$f_1(-t) = f(t)$$

circonstance qui se présente souvent.

Les quadratures qui donnent A_m et B_m ne peuvent s'effectuer que dans un nombre de cas assez restreint; ce sont ceux où $F(t)$ est de la forme $\sin 2\pi \frac{kt}{\omega}$ ou $\cos 2\pi \frac{kt}{\omega}$, ou bien égal à une fonction algébrique de t ; dans les autres cas, on est obligé de développer $F(t)$ en série, ce qui donne, après l'intégration, d'autres séries souvent moins convergentes que les premières.

On a, dans tous les cas, en intégrant par parties :

$$\int F(t) \cos 2\pi \frac{mt}{T} dt = \frac{T}{2\pi m} \sin 2\pi \frac{mt}{T} + \frac{T^2}{4\pi^2 m^2} F'(t) \cos 2\pi \frac{mt}{T} - \frac{T^3}{8\pi^3 m^3} F''(t) \sin 2\pi \frac{mt}{T} - \frac{T^4}{16\pi^4 m^4} F'''(t) \cos 2\pi \frac{mt}{T} + \dots$$

et

$$\int F(t) \sin 2\pi \frac{mt}{T} dt = -\frac{T}{2\pi m} F(t) \cos 2\pi \frac{mt}{T} + \frac{T^2}{4\pi^2 m^2} F'(t) \sin 2\pi \frac{mt}{T} + \frac{T^3}{8\pi^3 m^3} F''(t) \cos 2\pi \frac{mt}{T} - \frac{T^4}{16\pi^4 m^4} F'''(t) \sin 2\pi \frac{mt}{T},$$

formules d'un usage fréquent dans la recherche des valeurs de A_m et de B_m .

J'ai examiné la plupart des cas que peut présenter l'étude de la sirène; toutefois j'ai admis que l'air s'écoule avec une vitesse constante, ce qui est réalisé sensiblement le plus souvent, surtout si on interpose entre la sirène et la soufflerie dont on fait usage un régulateur de la pression, tel que celui de M. Cavallé-Coll, et si les ouvertures de la sirène sont assez petites relativement aux dimensions de la capacité de l'instrument. Dès lors, on peut admettre que l'intensité de l'ébranlement produit ou $F(t)$ est proportionnel à la dimension de l'ouverture par laquelle l'air s'écoule à chaque instant. Il résulte de là que les sons produits sont dus unique-

ment à des ébranlements de même nature, ne donnant naissance qu'à des condensations et séparés les uns des autres par des intervalles de silence plus ou moins considérables, suivant le rapport qui existe entre les dimensions des ouvertures et leurs distances respectives. Néanmoins on peut reconnaître qu'en réalité les sons produits sont dus à des condensations et à des dilatations successives, égales entre elles en intensité, si ce n'est en durée; de plus, il existe un véritable transport d'air représenté par le terme constant de la série de Fourier, mais qui ne donne naissance à aucun son. En effet, construisons la courbe $y = F(t)$, courbe qui se reproduit périodiquement quand on augmente t de T ou d'un multiple

de T . L'aire de cette courbe ou $\int_0^{\omega} F(t) dt$, si l'ébranlement a une durée égale à ω , représente l'ébranlement total communiqué à l'air extérieur; menons une parallèle à la ligne des abscisses et à une distance égale à A_0 , ou $\frac{1}{T} \int_0^{\omega} T(t) dt$,

qui coupe la courbe $y = F(t)$ en deux points, dont les abscisses sont t_0 et t_1 . L'ébranlement positif ou la condensation pourront être représentés par l'aire de la courbe placée au-dessus de la droite $y = A_0$, de t_0 à t_1 , et la partie négative ou la dilatation par l'aire comprise entre la droite $y = A_0$, et la ligne des abscisses de $t = t_1$ à $t = T + t_0$. Il est facile de reconnaître que ces deux aires sont égales entre elles; en effet:

$$\text{La 1}^{\text{re}} \text{ aire} = \int_{t_0}^{t_1} F(t) dt - A_0(t_1 - t_0)$$

$$\text{La 2}^{\text{e}} \text{ aire} = A_0(T + t_0 - t_1) - \int_{t_1}^{T+t_0} F(t) dt = \int_0^{t_1} F(t) dt$$

Or ces deux expressions sont équivalentes, car si on pose

$$\int_{t_0}^{t_1} F(t) dt - A_0(t_1 - t_0) = A_0(T + t_0 - t_1) - \int_{t_1}^{T+t_0} F(t) dt = \int_0^{t_1} F(t) dt,$$

on arrive à l'identité

$$\int_0^{t_1} F(t) dt = A_0 T.$$

Donc, si un son est produit d'une manière quelconque, par des ébranlements continus ou discontinus, tous de même sens ou alternativement de divers sens, pourvu qu'ils soient périodiques, il sera formé d'une partie condensée et d'une partie dilatée de même intensité, avec un véritable transport d'air positif ou négatif, suivant le signe A_0 , quantité qui pourra être nulle dans certains cas particuliers; mais ceux-ci se présenteront rarement, et dans les seuls sons dus aux mouvements vibratoires des corps solides.

Il est intéressant de chercher ce que deviennent les valeurs de A_m et de B_m et par suite de α_m , quand on peut considérer les dimensions des ouvertures par lesquelles l'air s'échappe comme infiniment petites par rapport à leur écartement. Dans ce cas, on peut remplacer $\cos \frac{2\pi mt}{T}$ par 1, et $\sin \frac{2\pi mt}{T}$ par $\frac{2\pi mt}{T}$; on aura ainsi :

$$A_m = \frac{T}{2} \int_0^{\omega} F(t) dt. = 2A_0.$$

$$B_m = \frac{2}{T} \int_0^{\omega} F(t) \frac{2\pi mt}{T} dt = 0.$$

B_m est donc très-petit par rapport à A_m , et évidemment négligeable si $\frac{\omega}{T}$ devient infiniment petit. A_m tend donc, ainsi que α_m , vers une valeur constante qui est $2A_0$; par suite, le rapport des amplitudes des divers harmoniques à l'amplitude du son fondamental tend à devenir constante et égale à 1, quand la distance des ouvertures de la sirène est très-grande par rapport à leurs dimensions; mais jamais cette amplitude ne pourra dépasser celle du son fondamental; cette démonstration suppose évidemment que $F(t)$ ne change pas de signe et ne devient pas nul dans l'intervalle de 0 à ω ; car sans cela B_m se présenterait sous la forme $\frac{0}{0}$ et pourrait ne plus être négligeable par rapport à A_m ; je démontrerai, en effet, dans un travail postérieur que, si l'ébranlement primitif se compose de deux parties, pendant lesquelles les mouvements sont de sens contraire, l'amplitude des harmoniques peut dépasser de

beaucoup celle du son fondamental, ce qui arrive en particulier dans les sons produits par les tuyaux à anches.

Il m'a semblé intéressant aussi de chercher quelles circonstances peuvent influencer sur l'intensité plus ou moins grande des harmoniques supérieurs; il est difficile de rien dire de précis à ce sujet; toutefois, en général, le deuxième harmonique l'emporte sur les autres, quoique cela ne soit pas constant; or si l'amplitude de ce deuxième harmonique est minimum ou nulle, les autres seront en général peu intenses, surtout si la valeur de $\frac{\omega}{T}$, c'est-à-dire le rapport de la durée des ébranlements à leur écartement correspondante à ce minimum, est assez petite.

Or la circonstance qui doit avoir le plus d'influence sur le timbre du son produit par une sirène est évidemment, en dehors de la forme de l'ouverture, la durée relative des deux parties de l'ébranlement qui forment la partie condensée et la partie dilatée de la vibration; comme je l'ai dit précédemment, on obtient cette durée relative en construisant la courbe $y = f(t)$, menant une parallèle à la ligne des abscisses à une distance $y = A_0$, et cherchant les intersections de cette droite avec la courbe $y = f(t)$; si t_0 et t_1 sont les abscisses de ces points, dans l'intervalle $t_1 - t_0$ il y a condensation, et pendant le temps $T + t_0 - t_1$ dilatation; on peut chercher quel doit être le rapport $\frac{\omega}{T}$ pour que l'on ait:

$$T + t_0 - t_1 = t_1 - t_0 \text{ ou } t_1 - t_0 = \frac{T}{2}$$

C'est dans ces conditions que le son obtenu différera le moins d'un son pendulaire; donc les harmoniques supérieurs devront atteindre pour cette valeur de $\frac{\omega}{T}$ leur minimum. En comparant entre elles les amplitudes des harmoniques dans la plupart des cas que j'ai examinés, on reconnaît que le deuxième harmonique atteint en effet son minimum dans le voisinage de la valeur qui donne aux deux périodes du même ébranlement la même durée; mais il ne peut en être de même pour tous les harmoniques à la fois, vu que la loi de la variation de leurs amplitudes est différente pour chacun d'eux.

Dans tout ce qui précède, et ce qui suit, il ne s'agit que des rapports des amplitudes des divers sons et non des intensités. Théoriquement ces dernières seraient représentées par le produit du numéro d'ordre de l'harmonique par le carré de son amplitude; mais les recherches de M. Helmholtz sur la perception de sons de diverses hauteurs ont démontré qu'à force vive égale les sons graves sont beaucoup plus sourds et difficiles à percevoir que les sons élevés; probablement, pour la perception, la force vive de chaque son doit être multipliée par un coefficient variable dans les diverses parties de la gamme, peut-être même, dans certaines limites, avec la conformation de l'expérimentateur.

J'ai examiné divers cas où le fond de la boîte de la sirène serait muni de fentes rectangulaires étroites, et le disque d'ouvertures de formes variables, ou bien le disque et la boîte munis d'ouvertures semblables. Voici les divers cas que j'ai étudiés :

BOÎTE MUNIE DE :	DISQUE MUNI DE :
1° Fentes étroites.	Entailles ayant la forme de demi-sinusoides.
2° »	Entailles sinusoidales.
3° »	Ouvertures rectangulaires.
4° »	» en forme de losange.
5° »	» en forme de triangle.
6° »	» circulaires et elliptiques.
7° Ouvertures rectangulaire.	» rectangulaires.
8° » en losange.	» en losange.
9° » en triangle.	» en triangle dans le même sens.
10° » »	» en triangle en sens inverse.
11° » circulaire et elliptique.	» circulaire et elliptique.

On ne peut obtenir avec la sirène de sons pendulaires que dans le deuxième cas seul, quand les entailles en sinusoides du disque se succèdent sans interruption.

Dans tous les cas, sauf dans celui d'une ouverture triangulaire et d'une fente étroite, on constate que le minimum ou l'absence du deuxième harmonique coïncide avec la valeur de $\frac{\omega}{T}$, qui donne l'égalité de durée des deux parties du mouvement vibratoire, comme il résulte du tableau suivant :

	FOND DE LA BOITE muni de	DISQUE muni de	VALEUR DE $\frac{\omega}{T}$ qui donne l'égalité de durée.	VALEUR DE $\frac{\omega}{T}$ qui donne le minimum de $\frac{\omega}{T}$.
1	Fentes étroites.	Entailles en 1/2 si- nusoides.	0,717	0,75
2	"	Entailles en sinu- soides.	1	1
3	"	Rectangles.	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
4	"	Losanges.	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
5	"	Triangles.	1	0,65
6	"	Cercles et ellipses.	0,5557	0,6
7	Rectangles.	Rectangles.	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
8	Losanges.	Losanges.	$\frac{2}{3} = 0,666$ (appr.)	0,65
9	Triangles.	Triangles (même sens).	$\frac{2}{3} = 0,666$ (id.)	0,65
10	"	Triangles (sens contraire).	1/2 et 3/4 ou 0,5 et 0,75.	0,65
11	Cercles ou ellipses.	Cercles ou ellipses	0,588.	0,6

On peut remarquer qu'il n'y a qu'une exception à la règle indiquée, c'est dans le cinquième cas, où les deux valeurs de $\frac{\omega}{T}$ sont 1 et 0,65. Dans le dixième cas, entre 0,75 et 0,5, l'équation qui donne $\frac{\omega}{T}$ (3^e colonne) reste sensiblement nulle, de telle sorte qu'il y a bien correspondance entre les valeurs de $\frac{\omega}{T}$.

Il résulte de cette comparaison que dans la construction de la sirène ordinaire, si on veut obtenir des sons sensiblement pendulaires, on devra mettre les ouvertures elliptiques du disque et de la boîte à des distances telles que le grand axe de ces ellipses soit les 0,6 environ de la distance des centres des ellipses. Il y a toujours avantage à obtenir des sons purs et simples avec la sirène; car des erreurs seront moins facilement commises, et on ne risquera pas de confondre le son fondamental avec son deuxième harmonique, ce qui arrive fréquemment pour les sons graves accompagnés d'harmoniques intenses.

Ainsi, en résumé, dans la sirène, en admettant que la sortie de l'air soit constante :

1° Si l'intervalle des ouvertures devient infiniment grand par rapport à leurs dimensions, les amplitudes des sons harmoniques tendent à devenir égales à celles du son fondamental ;

2° En général, il existe une certaine distance des ouvertures qui donne le son le plus rapproché d'un son pendulaire, quand le deuxième harmonique est minimum ou nul ; cette distance diffère peu de celle pour laquelle les deux périodes du mouvement vibratoire ont la même durée ;

3° Quoique les ébranlements ne produisent dans l'air que des condensations, néanmoins on peut considérer chaque son comme dû à un véritable transport de l'air, accompagné de condensations et dilatations, comme si le premier terme de la série de Fourier, A_1 , était nul.

Séance du 2 février 1870.

Présidence de M. SCHIMPER.

ORDRE DU JOUR. — Sur la représentation des mouvements vibratoires¹
(M. TERQUÈM).

Le président donne communication d'une lettre de M. le ministre de l'instruction publique, convoquant à Paris les membres des Sociétés savantes des départements.

Sur la proposition du président, la Société décide que le changement du jour des séances sera porté à l'ordre du jour pour la prochaine séance, qui aura lieu le premier jeudi de mars.

M. Schimper rappelle les travaux de M. Sars dont il a annoncé la mort dans l'une des séances précédentes ; il propose à la Société de donner à la famille de l'illustre savant un témoignage de sa sympathie. La Société accueille avec empressement la proposition de M. Schimper ; une somme de 50 fr. sera mise à sa disposition. La Société regrette que la modicité de ses ressources mette une limite si étroite à son désir de rendre hommage à la mémoire du naturaliste norvégien.

¹ Le texte de quelques communications n'ayant pas été fourni à temps, on les trouvera plus loin.

M. Terquem présente à la Société une collection de modèles pour la représentation des mouvements vibratoires.

Le secrétaire, SAINT-LOUP.

Séance du 2 mars 1870.

ORDRE DU JOUR. — Changement du jour des séances. — Sur la géologie du Kaiserstuhl (M. BLEICHER). — Communication sur les insectes (M. ENGEL). — Sur la théorie du condensateur (M. TERQUEM).

La Société fixe au premier jeudi du mois, à quatre heures, le jour et l'heure de ses séances.

M. Bleicher fait une communication sur la géologie du Kaiserstuhl et du Limbourg.

M. Engel présente quelques insectes à la Société; entre autres quelques insectes d'automne, représentant en Europe la famille des Fulgores.

M. Terquem fait une communication sur la théorie du condensateur et sur les circonstances particulières qui accompagnent son emploi dans les machines électriques par influence, telles que celles de Holtz.

Le secrétaire, SAINT-LOUP.

Séance du 7 avril 1870.

ORDRE DU JOUR. — De l'origine des montagnes (M. BLEICHER).

En l'absence du secrétaire, M. Bouchard est prié de vouloir bien se charger de ses fonctions.

M. Robert demande que le président mette aux voix la candidature de M. le docteur Buez comme membre correspondant de la Société. M. le docteur Buez est nommé membre correspondant à l'unanimité des membres présents.

Le président fait remarquer que dans le dernier volume des *Mémoires* de la Société, l'éloge de M. Lereboullet, dont la Société avait voté l'impression, n'a pas été inséré.

M. Robert demande l'insertion au procès-verbal des regrets de la Société au sujet de cette omission.

M. Monoyer constate que déjà plusieurs fois de semblables omissions ont eu lieu, et que, d'autre part, des mémoires ont été insérés dans les publications de la Société sans autorisation du Comité de publication.

M. Monoyer demande qu'une séance extraordinaire ait lieu

pour discuter la question de la publication des mémoires. Cette proposition est acceptée et la séance fixée au 28 avril.

M. Hugueny présente au nom de M. Gauckler, ingénieur des ponts-et-chaussées à Colmar, trois mémoires : 1° *Du mouvement de l'eau dans les conduits* ; 2° *Mémoire sur la défense du territoire contre les inondations* ; 3° *Mouvements généraux de l'atmosphère, la pluie et le beau temps*. M. Hugueny demande le titre de membre correspondant pour l'auteur de ces travaux.

M. le docteur Bleicher fait une communication sur une nouvelle théorie de l'origine des montagnes.

Séance du 28 avril 1870.

ORDRE DU JOUR. — Discussion au sujet de la publication des mémoires.
— Sur les variations de température du corps humain (M. GAY).

L'objet de la réunion était d'examiner la question de la publication des *Mémoires* de la Société.

La discussion s'engage sur les irrégularités qui se sont produites lors de la publication du dernier volume.

La liste des mémoires à insérer n'a pas, en effet, été arrêtée par le Comité de rédaction institué pour cet objet. Il en est résulté que des mémoires, qui auraient dû se trouver dans ce dernier volume, n'ont pas été publiés, et que d'autres y ont été mis sans autorisation par leurs auteurs.

La Société, reconnaissant les abus qui résultent de ce défaut de réglementation, propose de nommer, en dehors du bureau, une Commission chargée de préparer un projet de règlement déterminant les conditions auxquelles doit être soumise l'insertion d'un travail dans les *Mémoires* de la Société. Cette proposition est adoptée.

Le président nomme MM. Bouchard, Gay, Schimper, Terquem membres de la Commission chargée de présenter ce projet.

La parole est donnée à M. Gay pour une communication sur le refroidissement de la température du corps dans les ascensions rapides.

Le secrétaire, SAINT-LOUP.

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES
DE STRASBOURG.

Ce Bulletin paraît tous les mois, s'il y a lieu, et est gratuitement adressé à tous les membres de la Société. Les personnes étrangères à la Société peuvent s'abonner à cette publication moyennant la somme de 3 fr. par an, qui peut être envoyée en timbres-poste au Président.

(Suite de la séance du 28 avril.)

PHYSIOLOGIE. — *Note sur l'abaissement de la température du corps pendant une ascension rapide* (M. **Jules Gay**).

Dans une communication faite en septembre dernier à l'Académie des sciences, mon ami, le docteur Lortet, a rendu compte des phénomènes physiologiques observés par lui dans deux ascensions au Mont-Blanc, effectuées au mois d'août. Entre autres observations, il a noté un abaissement sensible de la température intérieure du corps pendant la marche. Pour ne citer que les nombres relatifs au sommet même du Mont-Blanc, la température au repos étant, dans les deux ascensions du 17 et du 26 août, de 36°,3 et 36°,6, la température en marche aux mêmes dates a été de 32° et 31°,8, c'est-à-dire inférieure de plus de 4 degrés à la température normale.

Ces phénomènes ne s'observent plus d'ailleurs immédiatement après les repas; alors la température en marche reste très-sensiblement égale à la température au repos.

« D'où provient cet abaissement de température? se demande le docteur Lortet¹. — A l'état de repos et à jeun, l'homme brûle les matériaux de son sang, et la chaleur dé-

¹ *Comptes-rendus de l'Académie des sciences*, t. LXIX, p. 707.

veloppée est employée tout entière à maintenir sa température constante au milieu des variations de l'atmosphère. En plaine, et par des efforts mécaniques, l'intensité des combustions respiratoires, comme l'a montré M. Gavarret, augmente proportionnellement à la dépense de forces. Il y a transformation de la chaleur en force mécanique; mais à cause de la densité de l'air et de la quantité d'oxygène inspiré, il y a assez de chaleur formée pour subvenir à cette dépense. Dans la montagne, au contraire, surtout à de grandes altitudes et sur les pentes neigeuses très-raides où le travail de l'ascension est considérable, il faut une quantité de chaleur énorme pour être transformée en force musculaire. Cette dépense de forces use plus de chaleur que l'organisme ne peut en fournir; de là un refroidissement sensible du corps et les haltes fréquentes qu'on est obligé de faire pour le réchauffer. »

Et M. Lortet attribue en partie à ce refroidissement les malaises connus sous le nom de *mal de montagnes*.

Il m'a prié de vérifier si, en montant rapidement sur la Cathédrale, on n'observerait pas dans des proportions plus faibles, mais appréciables encore avec un instrument très-sensible, des phénomènes analogues. C'est le résultat des expériences entreprises dans ce but que je viens communiquer à la Société.

Je suis monté un grand nombre de fois sur la Cathédrale, et j'ai déterminé la température du corps pendant l'ascension et au repos. Je me suis servi pour cela d'un thermomètre à maxima à bulle d'air de Walferdin, construit par Baudin, gradué en $1/10$ de degré d'une longueur de près de 1 millimètre et permettant ainsi d'évaluer facilement les $1/20$ de degré. Je le plaçais sous la langue, la bouche bien close et ne respirant que par le nez. Il me fallait quatre minutes pour monter sur la plate-forme; j'ai donc déterminé la température au repos en le laissant pendant quatre minutes aussi sous la langue avant ou après l'ascension. De plus, dans une série d'expériences, j'ai déterminé la température au repos une première fois, immédiatement après mon arrivée sur la plate-forme, une deuxième fois, le thermomètre restant toujours le même temps, quatre minutes, sous la langue, quelques minutes après mon arrivée.

Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau suivant :

JOUR ET HEURE de L'OBSERVATION.	TEMPÉRA- TURE DE L'AIR.	TEMPÉRA- TURE AU REPOS avant l'ascension.	TEMPÉRA- TURE EN MARCHÉ.	TEMPÉRATURE AU REPOS après l'ascension.	
				1 ^{re} obs.	2 ^e obs.
24 mars. 4 h. s. . .	+ 4 ^o ,0	»	36,4	37,0	»
25 mars. 9 h. m. . .	+ 3 ^o ,0	»	36,7	36,9	»
28 mars. 4 h. s. . .	+ 4 ^o ,0	»	35,3	36,3	»
30 mars. 4 h. s. . .	+ 7 ^o ,0	»	36,4	38,6	»
4 avril. 9 1/2 h. m.	+10 ^o ,0	»	36,4	37,05	37,25
5 avril. 11 h. m. . .	+12 ^o ,5	»	36,5	36,8	36,95
6 avril. 10 h. m. . .	+15 ^o ,0	36,8	36,4	36,8	36,95
6 avril. 4 h. s. . .	+20 ^o ,0	36,7	36,55	36,75	37,1

On voit que dans toutes ces observations la température pendant l'ascension a été inférieure à la température au repos, soit avant, soit après l'ascension; en second lieu, que la température observée après quelques instants de repos est un peu supérieure à la température normale du corps, le thermomètre étant d'ailleurs toujours maintenu le même temps sous la langue.

De ces résultats je me crois autorisé à conclure avec M. Lortet :

Pendant une ascension, l'activité des combustions respiratoires s'accroît, mais cet accroissement est insuffisant à fournir à la transformation de chaleur en force qu'exige le travail mécanique considérable de l'ascension; il en résulte un abaissement de la température intérieure du corps. Au repos, l'activité imprimée à la respiration, et, par suite, aux combustions par l'ascension, ne cessant pas de suite avec la cause qui l'a produite et qui absorbait la chaleur engendrée, la température du corps ne tarde pas à atteindre son niveau normal, et même à le dépasser un peu, pour n'y revenir qu'au bout de quelque temps. Ces phénomènes ne sont sensibles que si on a soin d'opérer à jeun. J'ai d'ailleurs l'intention de vérifier ces résultats par des observations nouvelles.

Séance du 12 mai 1870.

ORDRE DU JOUR. — Rapport de la Commission des mémoires. — Cas de tératologie végétale. — Pétrole de Schabwiler (M. BLEICHER). — Contribution à l'histoire du système nerveux des Échinodermes (M. BAUDELOT). — Note sur la régénération de l'extrémité céphalique chez le Lombric terrestre (IDEM). — Modification de la machine de Holtz (M. SAINT-LOUP).

M. Terquem donne lecture du rapport de la Commission chargée de rédiger un projet de règlement pour la publication des *Mémoires* de la Société.

Ce règlement comprend quatre articles, qui sont les suivants :

ARTICLE PREMIER. Pour chaque travail dont l'insertion dans les *Mémoires* sera demandée, une Commission de trois membres sera nommée au scrutin secret; cette Commission examinera le travail et soumettra son rapport à la Société.

Celle-ci votera sur les conclusions du rapport.

Ces conclusions porteront sur le rejet ou l'acceptation de la demande d'insertion; sur son admission, avec modifications et abréviations, tant sous le rapport des figures que du texte.

La Société décidera, le trésorier entendu, s'il y a lieu de procéder immédiatement à l'impression, ou bien d'y surseoir par défaut ou insuffisance de fonds.

ART. II. Le secrétaire est chargé de tenir un registre spécial contenant les titres des *Mémoires* dont l'insertion a été décidée, les dates de la décision. Il rendra compte chaque année du nombre des travaux dont la publication a été votée et de ceux qui sont déjà imprimés.

ART. III. Sont seuls admis à l'insertion dans les *Mémoires*, les travaux présentés par les membres titulaires, associés ou correspondants.

ART. IV. Les travaux publiés dans les *Mémoires* devront être inédits.

Le président met séparément aux voix chacun des articles, qui sont tous successivement adoptés après une courte discussion.

M. Morel demande que les membres qui refuseraient de

payer leur cotisation fussent rayés de la liste et qu'il leur fût signifié qu'ils ne font plus partie de la Société.

La Société décide que les membres qui auront refusé de payer leur cotisation pendant un an seront considérés comme démissionnaires.

M. Hugueny propose l'insertion du règlement dans le t. VII des *Mémoires*. Cette proposition est adoptée.

La Société reçoit ensuite les communications indiquées à l'ordre du jour.

Le secrétaire, SAINT-LOUP.

ZOOLOGIE (M. E. Baudelot).

Note sur la régénération de l'extrémité céphalique chez le Lombric terrestre.

Dans une observation que j'ai publiée l'année dernière, j'ai fait connaître quelques faits relatifs à la régénération de l'extrémité céphalique chez le Lombric terrestre. Entre autres résultats, ~~j'ai établi que chez un sujet mis en expérience une~~ durée de quatre mois avait suffi pour permettre la régénération complète de l'extrémité antérieure et de la portion correspondante du système nerveux, c'est-à-dire d'une certaine portion de la chaîne ganglionnaire, du collier œsophagien et des ganglions cérébroïdes. L'observation qui suit a pour but d'ajouter quelques faits à nos premiers résultats.

Le 17 novembre 1869, je fis la section de l'extrémité céphalique sur un certain nombre de Lombrics. Le 26 janvier 1870, presque tous ces vers présentaient un commencement de régénération de la tête. Chez l'un d'eux, celui qui fait le sujet de cette observation, l'extrémité amputée portait un petit bourgeon conique, pourvu à son sommet d'une petite ouverture buccale. M'étant assuré par la dissection de l'état intérieur de ce bourgeon, je constatai que toute la portion réséquée de la chaîne nerveuse, le collier œsophagien et les ganglions cérébroïdes se trouvaient déjà complètement régénérés. Toutes ces parties nouvellement reproduites se voyaient très-distinctement, mais étaient très-difficiles à isoler des tissus environnants avec lesquels elles se trouvaient pour ainsi dire en continuité.

En commençant mes expériences sur le Lombric, mon but était double ; je m'étais proposé : 1° de savoir après combien de temps se reproduit le système nerveux durant le phénomène de la régénération ; 2° de suivre les modifications que subit le tissu nerveux pendant les différentes phases du bourgeonnement. Ce double but se trouve atteint en partie aujourd'hui. Nous savons à présent que 70 jours peuvent suffire pour la reproduction de la chaîne nerveuse ; nous savons que cette chaîne existe déjà à une époque où le bourgeonnement n'est encore que très-peu avancé, par conséquent qu'elle se montre de très-bonne heure. Ce qui paraît plus difficile à établir, ce sont les modifications que subissent les éléments nerveux, depuis leur première apparition jusqu'à leur complet développement. Nul doute que tous les éléments du bourgeon ne soient d'abord cellulieux ; mais il est difficile de saisir l'instant où ces éléments commencent à se différencier. Dans un bourgeon de deux mois, les tissus ont déjà acquis en partie leurs caractères distinctifs ; la chaîne nerveuse présente des faisceaux de fibres très-nets (constituant les connectifs) et des cellules nerveuses ; seulement cette chaîne nerveuse se trouve unie d'une façon tellement intime avec les tissus adjacents qu'il devient presque impossible de distinguer les cellules nerveuses d'avec les cellules environnantes. Notons enfin, en terminant, que la portion de chaîne nerveuse nouvellement reproduite paraît se régénérer sur place directement et non point provenir d'un bourgeonnement graduel de l'extrémité de la chaîne ancienne¹.

*Contribution à l'histoire du système nerveux des
Échinodermes.*

Malgré les travaux assez nombreux qui ont été entrepris dans le but de faire connaître le système nerveux des Échinodermes, ce sujet est resté jusqu'aujourd'hui entouré de beaucoup d'obscurité. Pour qui s'est occupé tant soit peu de la

¹ Après une durée de cinq à six mois, mes Lombrics amputés présentaient une régénération aussi complète que possible de l'extrémité céphalique. La portion régénérée offrait tous les caractères de la portion ancienne, sauf un peu plus de pâleur dans la coloration.

question, le fait ne saurait paraître surprenant, vu les difficultés considérables de dissection que comporte l'étude des Échinodermes en général, vu aussi les caractères assez peu tranchés de l'élément nerveux dans tous les animaux appartenant à ce groupe. Ayant eu tout récemment l'occasion de faire quelques recherches sur ce sujet, j'ai l'espoir de ne point accomplir un travail inutile en donnant aujourd'hui un résumé historique de la question, appuyé de quelques considérations que m'ont suggérées mes observations personnelles.

La connaissance du système nerveux des Échinodermes remonte à une époque assez peu éloignée. Cuvier, dans ses *Leçons d'anatomie comparée*¹, se borne à faire cette remarque : « Les Étoiles de mer ont des parties que l'on pourrait juger assez semblables à des nerfs; mais l'aspect de tous les filets est plutôt tendineux que nerveux, et il importerait de faire des expériences galvaniques sur des individus vivants pour en constater définitivement la nature. »

Le premier auteur qui ait abordé la question d'une façon un peu directe est un médecin bavarois, le docteur Spix, dont les recherches, consignées dans les *Annales du Muséum*², ont trait au système nerveux de l'*Asterias rubens*. Suivant Spix : « chaque rayon possède à sa base deux nodules grisâtres (ganglions), communiquant entre eux par un filet qui part de l'un pour se fixer à l'autre. Deux ou trois filets se portent de chaque nodule à la face supérieure de l'estomac et s'anastomosent entre eux et avec ceux des autres ganglions. Un autre filet se dirige de chaque ganglion vers le rayon voisin et, arrivé à moitié chemin, se ramifie autour de la bouche. Un rameau, le plus considérable de tous et le plus long, sort de chaque nodule sous le lobe hépatique, entre le sillon longitudinal et les deux rangées de tentacules; il fournit un filet à chaque tentacule et diminue ainsi de grosseur, à mesure qu'il approche de la pointe du rayon. »

Les recherches qui furent entreprises ultérieurement ne confirmèrent point les résultats énoncés dans le travail du doc-

¹ Cuvier, *Leçons d'anatomie comparée*, t. II, p. 360.

² *Mémoire pour servir à l'histoire de l'Astérie rouge (Asterias rubens), de l'Actinie coriacée (Actinia coriacea) et de l'Alcyon exos (Annales du Muséum d'histoire naturelle, t. XIII, p. 438, pl. 32, fig. 3 et 6. Paris 1809).*

teur Spix. Tiedemann, dans un mémoire qui parut en 1815¹, démontra que les parties que Spix avait prises pour des cordons nerveux ne sont point, en réalité, des nerfs, mais des filaments de nature tendineuse, qui naissent des articles de chaque rayon pour aller se fixer sur les parois de l'estomac ; il donna du système nerveux la description suivante : « Après de nombreuses recherches, dit-il, j'ai été assez heureux pour découvrir le système nerveux à la face inférieure du corps. Si l'on examine cette région, on découvre autour de la bouche et sous la peau, qui est d'une grande délicatesse, un vaisseau circulaire, rempli d'un liquide orangé. De ce vaisseau naissent cinq troncs vasculaires qui se portent le long de la gouttière des cinq rayons, entre les deux rangées de tentacules. Après avoir eulvé avec précaution ce vaisseau circulaire avec les branches qui en partent, on aperçoit un anneau blanchâtre qui entoure la bouche. Cet anneau émet vers chaque rayon un filament délicat, qui suit la gouttière du rayon entre les deux séries de tentacules et se porte jusqu'à sa pointe en diminuant graduellement de volume. Ces filaments nerveux qui occupent la gouttière de chaque rayon fournissent vraisemblablement des filets plus grêles aux tentacules ; en quelques endroits, je crois avoir observé ces filets à l'aide d'un verre grossissant. En outre des cinq filaments destinés aux rayons, on voit naître encore, de l'anneau circumbuccal, dix autres petits filaments, à savoir : deux au niveau de la pièce initiale de chaque rayon. Ces filaments délicats forment un angle avec les filaments nerveux plus gros qui parcourent les gouttières radiales ; ils pénètrent dans les deux trous à travers lesquels sortent les deux premiers tentacules ; il ne m'a pas été possible de les suivre au delà. Très-vraisemblablement ils se distribuent à l'estomac et aux cæcums intestinaux. L'anneau nerveux et les filaments nerveux qui en naissent ont une couleur gris blanchâtre ; ils sont d'une délicatesse et d'une mollesse extrêmes. Je dois faire remarquer, en outre, que je n'ai aperçu nulle part de ganglions ou de renflements, ni sur l'anneau nerveux ni sur les filaments qui s'en détachent. »

¹ *Beobachtungen über das Nervensystem und die sensiblen Erscheinungen der Seesterne*, von Friedrich Tiedemann (*Deutsches Archiv für die Physiologie*, von S. F. Meckel, t. I^{er}, 4^{te} livr., pl. III, fig. 4 ; 1815).

L'année suivante, 1816, dans un mémoire consacré à l'anatomie des principaux types d'Échinodermes¹, Tiedemann, outre les faits que nous venons de mentionner touchant le système nerveux des Astérides, signala l'existence d'un système nerveux chez les Holothuries et chez les Oursins. Relativement au système nerveux des Holothuries, il dit qu'il lui semble que ce système a sa portion centrale à l'intérieur de l'anneau calcaire qui entoure l'entrée de l'estomac, et que cette portion centrale a peut-être la forme d'un anneau délicat, d'où naissent les nerfs destinés aux tentacules, aux muscles longitudinaux et transverses. Au sujet des Oursins, il regarde également comme vraisemblable l'existence d'un anneau nerveux et il présume que de cet anneau naissent les branches nerveuses destinées aux muscles de l'appareil masticateur, ainsi que cinq branches qui se portent au-dessus des canaux des tentacules ambulacraires. De ces dernières branches partiraient des branches plus petites se portant vers les divisions latérales des canaux précédents ainsi qu'aux tentacules ambulacraires.

De 1816 il nous faut venir jusqu'en 1841 pour rencontrer de nouvelles recherches sur le système nerveux des Échinodermes. A cette époque parut, dans les *Archives de Müller*, un Mémoire de Krohn, *Sur le système nerveux des Échinides et des Holothuries*². Bien que les résultats du travail de Krohn n'aient été, pour ainsi dire, que la confirmation des vues émises par Tiedemann, ce travail, néanmoins, fit faire à la question un pas considérable, en appuyant sur des démonstrations précises et sur des figures exactes l'ensemble des faits que Tiedemann n'avait en quelque sorte fait qu'entrevoir. L'exposé que nous allons faire du travail de Krohn permettra de juger de la valeur et de la netteté des résultats acquis :

« La partie centrale du système nerveux, dit Krohn, a la

¹ *Anatomie des Röhrenholothurie, des pommeranzfarbigen Seesterns und Steinseeigels*. Landshut 1816.

² *Ueber die Anordnung des Nervensystems der Echiniden und Holothurien im Allgemeinen*, von Aug. Krohn (*Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin*, p. 1, pl. 1, fig. 1-5; 1841). Ce mémoire se trouve reproduit *in extenso* dans les *Annales des sciences naturelles*, 2^e série, t. XVI, pl. XIV; 1844. La traduction est de Krohn lui-même.

forme d'un anneau pentagonal qui entoure l'origine du tube digestif, distant de quelques lignes seulement de l'ouverture buccale. L'anneau en question repose sur le fond de la cavité buccale, entre les saillies en cul-de-sac de cette cavité et les pointes des pyramides; il se trouve maintenu dans cette situation par dix minces bandelettes transversales, qui naissent, deux par deux, de chacune des saillies sacciformes, se portent transversalement et vont se fixer au bord interne des faces latérales de deux pyramides voisines. L'anneau nerveux se dérobe d'abord à la vue, parce que, dans quelques espèces, *Echinus subglobiformis* (Blainv.) (*edulis* Delle Chiaje), et dans beaucoup d'individus de l'*E. lividus* (*saxatilis* D. Ch.), sa couleur violacée se confond avec celle du tube digestif; chez l'*E. cidaris* (D. Ch.), sa couleur est, comme celle de l'œsophage, d'un vert obscur, sale. Dans d'autres espèces, telles que l'*Echinus æquituberculatus* (D. Ch.) et l'*E. miliaris* (D. Ch.), l'anneau est plus aisément reconnaissable.

« De l'union deux à deux des anses de l'anneau nerveux pentagonal naissent cinq troncs nerveux, qui passent dans l'intervalle des pyramides, s'appliquent contre la face interne de la membrane qui ferme inférieurement l'ouverture de la coquille, et se dirigent vers les pièces calcaires en forme d'arceaux qui naissent du rebord interne de cette même ouverture. Après avoir passé sous un des arceaux en question, chaque tronc nerveux gagne la paroi interne de la coquille et se porte le long de la ligne médiane de chacun des champs ambulacraires jusque tout près du petit disque qui entoure l'anus. A leur origine, les troncs nerveux sont un peu plus larges que dans leur trajet à la surface de la membrane qui ferme l'ouverture de la coquille; ils ne présentent aucun renflement. Après leur passage au-dessous de l'arceau calcaire, ils deviennent graduellement plus volumineux et plus aplatis jusqu'au moment où ils atteignent le point du plus grand diamètre de la coquille; après quoi leur largeur diminue de nouveau insensiblement. Sur le milieu de chaque tronc nerveux règne un sillon longitudinal qui le partage en deux moitiés latérales. Ce sillon est surtout apparent en avant de l'arceau calcaire, au delà duquel les deux moitiés s'unissent d'une façon tellement intime que leur séparation n'est plus accusée que par une strie médiane plus transparente. De même que

l'anneau nerveux, les troncs nerveux sont aussi colorés le plus souvent jusqu'au niveau des arceaux calcaires; à l'exception de très-gros individus de l'*E. subglobiformis*, ils se montrent incolores dans le reste de leur parcours; à l'état frais ils sont demi-transparents et mous; l'alcool les durcit et les rend opaques. Ici, de même que pour l'anneau nerveux, la coloration résulte de la présence de granulations qui se trouvent mélangées abondamment à la substance nerveuse, et dont l'accumulation sur une plus ou moins grande épaisseur a pour résultat de produire des nuances variées.

« Sur la face interne des troncs nerveux (celle qui regarde le centre de la coquille), et parallèlement à eux, se trouvent appliqués les vaisseaux des tentacules ambulacraires. Ces vaisseaux peuvent être séparés aisément des nerfs sous-jacents, après que l'on a coupé les canaux latéraux qui les font communiquer avec les vésicules ambulacrales. Dans l'*E. cidaris*, la séparation des troncs nerveux et vasculaires est portée à ce point qu'une couche épaisse de matière calcaire réticulée se trouve interposée entre eux. Les vaisseaux sont constamment plus étroits que les troncs nerveux. ceux-ci débordant les premiers de chaque côté.

« Des bords latéraux de chaque tronc nerveux naissent des branches transversales très-rapprochées les unes des autres, et en nombre égal à celui des rangées successives de vésicules ambulacrales. Les rameaux d'un côté alternent, relativement à leur origine, avec ceux du côté opposé. Ces rameaux latéraux se portent en travers le long de la base des vésicules, côtoient le vaisseau correspondant, gagnent le tentacule ambulacraire en traversant le pore ambulacral, puis parcourent ce tentacule de la base au sommet, en marchant dans l'épaisseur de sa paroi. Les trois ou quatre branches nerveuses qui naissent de chaque tronc en avant de l'arceau calcaire présentent des rapports analogues avec les vaisseaux latéraux correspondants, auxquels se trouvent appendues de petites vésicules. Les filets nerveux des tentacules disposés par paires autour de la bouche se distinguent par cette particularité qu'ils naissent à angle aigu du tronc principal et que dans la plupart des *Echinus* ils possèdent encore la coloration de ce dernier. La longueur des filets nerveux latéraux, ainsi que celle des vaisseaux latéraux, est constamment en rapport avec le volume des vésicules am-

bulacrales. L'extrémité de chaque tronc nerveux principal, après s'être amincie de plus, finit par pénétrer, conjointement avec le tronc vasculaire, dans un des cinq orifices qui alternent avec les pores génitaux, et se dérobe ensuite à l'observation.

« De ce qui précède il résulte que les tentacules ambulatoires, qui sont les organes du mouvement et du tact, se trouvent plus richement pourvus de nerfs que toute autre partie. Ainsi que le présume Tiedemann, des filets nerveux se distribuent sans doute aussi aux muscles de l'appareil masticateur et aux fibres musculaires qui servent à faire mouvoir les piquants. Comme nous manquons sur ce point de preuves suffisantes, la question reste encore indéçise. »

Après avoir ainsi décrit le système nerveux des *Echinus*, Krohn s'occupe de celui des *Spatangus*. L'espèce étudiée par lui est le *Spat. canaliferus* de la Méditerranée. Voici ce qu'il dit à ce sujet : « Dans le *Spat. canaliferus*, la disposition du système nerveux est exactement la même que chez l'*Echinus*, sauf quelques modifications qu'entraîne à sa suite le manque d'appareil masticateur. La face intérieure de la membrane qui ferme inférieurement l'ouverture de la coquille est revêtue d'une couche fibreuse qui sépare l'un de l'autre l'anneau vasculaire et l'anneau nerveux, le premier se trouvant placé en dedans, le second en dehors. Ces deux anneaux entourent l'orifice buccal, mais non d'une manière immédiate; leur diamètre correspond plutôt à celui de l'ouverture de la coquille. L'anneau vasculaire suit les contours de l'ouverture de la coquille; l'anneau nerveux forme, au contraire, un pentagone à côtés inégaux, de telle sorte que les deux anneaux, bien que superposés, nè se recouvrent que d'espace en espace. L'anneau nerveux n'est jamais coloré, et les anses qui le constituent sont toujours de moindre volume que les cinq troncs qui en naissent. Les troncs nerveux et vasculaires affectent l'un à l'égard de l'autre exactement les mêmes rapports que chez les *Echinus*. Comme chez ces derniers également, les extrémités amincies des troncs nerveux pénètrent dans des trous spéciaux de la coquille, situés sur la face dorsale. »

De l'étude du système nerveux des Échinides et des Spatangides, Krohn passe ensuite à celle du système nerveux des

Holothuries. Ce système nerveux, dit-il, est constitué sur le même plan que celui des *Echinus*. L'anneau nerveux de l'*Holothuria tubulosa* est situé sur la face interne de la membrane buccale, tout près du bord antérieur de l'anneau calcaire. Dans l'état frais il est blanchâtre, mou et demi-transparent. D'ordinaire son volume est supérieur à celui de chacun des cinq troncs nerveux qui en naissent, pris isolément. L'origine de ces derniers a lieu directement en face des trous de l'anneau calcaire. Chacun des troncs nerveux afférents passe par l'un de ces trous appliqué contre le tronc vasculaire ambulacral correspondant; il s'étend ensuite, en compagnie de celui-ci, jusqu'à l'ouverture du cloaque.

Les troncs nerveux sont d'abord arrondis; mais, après leur passage à travers l'anneau calcaire, ils ne tardent pas à s'aplatir; ils montrent alors, comme chez les Oursins, un sillon médian, ce qui les fait paraître composés de deux moitiés juxtaposées. Dans le voisinage du cloaque, leur largeur diminue graduellement jusqu'à leur terminaison. La position relative des troncs nerveux et des troncs vasculaires reste la même que chez les Oursins. Tandis que les troncs vasculaires marchent entre deux muscles longitudinaux, les troncs nerveux se placent en dehors d'eux en rapport étroit avec la couche des fibres musculaires transversales. Il est difficile de suivre les rameaux latéraux des nerfs à cause de leur finesse excessive. Ces rameaux paraissent naître des deux côtés du tronc nerveux principal, à distances égales les uns les autres; peut-être aussi leur nombre se trouve-t-il en rapport avec celui des vaisseaux des vésicules ambulacrales. Il m'est arrivé assez fréquemment, à force de patience, de pouvoir suivre sous la loupe quelques-uns de ces filets nerveux assez loin le long des rameaux vasculaires. Je n'ai pu cependant les poursuivre jusque dans l'intérieur des tentacules ambulacraires, bien que l'analogie avec les Échinides ne laisse aucun doute à cet égard.

L'auteur laisse à des recherches futures et plus détaillées le soin de faire connaître la distribution des nerfs dans les tentacules et dans l'enveloppe musculaire du corps.

« Le système nerveux d'une espèce de Holothurie assez commune sur les côtes du golfe de Naples (*Holothuria triquetra*, D. Ch.) est remarquable par sa couleur rouge. Cette colora-

tion est surtout marquée sur l'anneau nerveux, et va jusqu'au rouge-sang chez quelques individus. Elle perd beaucoup de son éclat dans l'alcool et se change en une couleur d'un rouge brun, pâle et sale. Elle est due, comme chez les *Echinus*, à la présence de granulations colorées, mélangées avec la substance nerveuse. Les troncs nerveux sont toujours d'une coloration plus pâle; les granulations se trouvent surtout accumulées sur la ligne médiane¹.

La même année où parut le travail de Krohn, Müller, dans un Mémoire sur le *Pentacrinus caput medusæ*², signala l'existence d'un système nerveux chez les Crinoïdes. D'après Müller, chez le *Pentacrinus* et le *Comatula*, les articles des bras présentent à leur face inférieure une gouttière qui se trouve fermée par la membrane du périsome. Au-dessous de cette gouttière, dans l'intervalle compris entre elle et le périsome, existent deux canaux membraneux placés l'un au-dessus de l'autre. Le canal supérieur (canal tentaculaire) est toujours

¹ La dissection du système nerveux des Holothuries présentant des difficultés considérables, nous croyons utile de faire connaître le procédé employé par Krohn pour mettre à nu l'anneau nerveux et les branches qui en partent.

Je prenais, dit-il, des Holothuries presque mourantes, et après avoir retranché la plus grande partie du corps, je séparais avec précaution la couche épaisse de la peau de la couche des fibres musculaires transversales. Cela fait, je divisais longitudinalement la couche musculaire transversale en cinq lambeaux d'égale largeur, s'étendant jusqu'à l'anneau calcaire, et je retranchais la portion encore attenante du tube digestif immédiatement en arrière de cet anneau. Étendant alors l'anneau calcaire aussi uniformément que possible au moyen d'une forte traction exercée sur les cinq lambeaux, puis fixant ces derniers solidement, je détachais de l'anneau calcaire les faisceaux transverses partant de l'œsophage, et j'atteignais ainsi l'anneau nerveux. Les plus grosses pièces de l'anneau calcaire peuvent servir de point de repère pour connaître l'origine des troncs nerveux; on parvient à mettre à nu ces derniers en fendant et en enlevant en partie les pièces calcaires en question jusqu'au niveau du trou à travers lequel passent les nerfs. Pour rendre manifeste le trajet des nerfs sur la couche de fibres transversales, il faut enlever avec précaution les muscles longitudinaux ainsi que les troncs vasculaires. L'*Holothuria triquetra* pourra être utilisée avec avantage par ceux qui désirent se convaincre de l'existence du système nerveux et prendre rapidement une idée de sa disposition.

² *Ueber den Bau des Pentacrinus caput medusæ*, von Müller (*Physikalische Abhandlungen der königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin aus dem Jahre 1841*).

simple chez le *Pentacrinus*; chez la Comatule, il est, en plusieurs points des bras, partagé en deux par une cloison verticale. Entre le canal supérieur et le canal inférieur se trouve placé le cordon nerveux du bras. Ce cordon, entouré d'une enveloppe membraneuse particulière, présente, en face de chaque pinnule, un faible renflement allongé, d'où part un filet nerveux qui se rend à la pinnule correspondante.

Dans un Mémoire étendu sur le *Synapta Duvernæa*, publié en 1842¹, M. de Quatrefages s'exprime de la façon suivante relativement au système nerveux de cette espèce et des Échinodermes en général: « Dans ce qui précède, il n'a nullement été question du système nerveux. Malgré de nombreuses recherches faites sur des animaux frais, comme sur des individus conservés dans l'alcool, et en variant de toutes les manières les moyens d'investigation, il nous a été jusqu'à présent impossible de le découvrir. Nous ne tirerons aucune conséquence de l'inutilité de nos efforts; nous exposons simplement le fait. L'existence d'un système nerveux chez les vrais Rayonnés, tels que les Holothuries, les Oursins, les Actinies, est, selon nous, un de ces problèmes qui attendent encore une solution. Des naturalistes d'un grand mérite ont dit l'avoir trouvé chez quelques-uns d'entre eux; d'autres ont cru pouvoir attribuer aux organes décrits comme tels une tout autre signification. Il nous paraît difficile d'adopter l'une ou l'autre de ces opinions, et nous préférons rester, à cet égard, dans un doute philosophique. »

Après les recherches si consciencieuses de Krohn, il ne pouvait, semble-t-il, subsister aucun doute concernant la nature des parties décrites comme appartenant au système nerveux. Il n'en fut point ainsi cependant. Nous venons d'énoncer les réserves formulées par M. de Quatrefages; d'un autre côté, M. Agassiz, s'appuyant sur la grande loi de l'unité de composition et sur ce fait que, d'après les descriptions données, le système nerveux se trouverait dans des rapports différents avec les pièces ambulacrales chez les Oursins et chez les Astéries, révoqua en doute l'exactitude des observations faites

¹ Mémoire sur la *Synapte de Duvernoy* (*Synapta Duvernæa*), par A. de Quatrefages; lu à l'Académie des sciences, le 22 novembre 1841 (*Annales des sciences natur.*, 2^e série, t. XVII; 4842).

antérieurement¹ : « Cette conformité des Oursins et des Étoiles de mer, dit-il, me fait douter de l'exactitude des observations qui placent les filets nerveux qui se rendent aux yeux, à la face inférieure ou extérieure des ambulacres, chez les Étoiles de mer, tandis qu'ils longent la face inférieure du test chez les Oursins. »

L'objection soulevée par Agassiz n'était point de médiocre importance, elle était même fort embarrassante. Il ne s'agissait de rien moins, en effet, que d'expliquer un désaccord manifeste entre des faits d'observation directe et l'un des grands principes reconnus de l'anatomie philosophique, le principe des connexions.

Deux anatomistes dont les travaux se succédèrent à une année d'intervalle, Duvernoy et Jean Müller, essayèrent de répondre, chacun à sa manière, à l'objection posée par Agassiz.

Dans le *Mémoire sur l'analogie de composition des Échinodermes*², Duvernoy reconnaît d'abord que chez l'Astérie le cordon nerveux principal de chaque rayon est placé sous la peau, le long de la ligne médiane du sillon et entre les rangées de pieds. « Mais », ajoute-t-il, dans les Oursins, il faut le reconnaître, les mêmes relations sont changées. Le principal cordon nerveux de chaque rayon est en dedans du squelette, dans la cavité viscérale, où il est joint au tronc vasculaire qui envoie des branches à la double série de vésicules respiratrices, en rapport avec les pieds vésiculeux. »

(La suite prochainement.)

¹ *Catalogue raisonné des familles, des genres et des espèces de la classe des Échinodermes*, par MM. L. Agassiz et E. Desor; précédé d'une introduction sur l'organisation, la classification et le développement progressif des types dans la série des terrains, par M. L. Agassiz (*Ann. des sciences nat.*, 3^e série, t. VI; 1846).

² *Mémoire sur l'analogie de composition et sur quelques points de l'organisation des Échinodermes*, par M. Duvernoy (*Mémoires de l'Académie des sciences de l'Institut de France*, t. XX, p. 605; 1849).

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES

DE STRASBOURG.

Ce Bulletin paraît tous les mois, s'il y a lieu, et est gratuitement adressé à tous les membres de la Société. Les personnes étrangères à la Société peuvent s'abonner à cette publication moyennant la somme de 3 fr. par an, qui peut être envoyée en timbrés-poste au Président.

(Suite de la séance du 12 mai.)

ZOOLOGIE (M. E. Baudelot).

Contribution à l'histoire du système nerveux des Échinodermes.

(Suite.)

Voici pour l'explication. — « Cette position relative, si différente, qui semble transformer les moelles épinières des Astéries en autant de cordons sympathiques dans les Oursins, montre que, dans ce cas, il n'y a que la disposition et les connexions générales qui soient changées, et nullement les distributions particulières et les usages fonctionnels. — Concluons-en qu'il y a, dans les compositions organiques dont nous cherchons à apprécier les ressemblances, de très-évidentes et très-nombreuses analogies, plutôt qu'une identité complète. »

Le travail de Jean Müller¹ comprend deux ordres de recherches, les unes relatives au système nerveux des Astéries, les autres relatives aux connexions du système nerveux considéré chez les Astérides et chez les Échinides.

Les recherches entreprises sur les Astéries conduisirent Müller à élever des doutes sur l'exactitude des observations

¹ Voir notre dernier numéro.

² *Anatomische Studien über die Echinodermen*, von Joh Müller (*Archiv für Anatomie, Physiologie und wissenschaftliche Medicin*; 1850).

de Tiedemann. Je traduis ici ses propres paroles : « Selon Tiedemann, on trouve immédiatement sous la peau qui recouvre le disque buccal un anneau vasculaire de couleur orange, d'où part une branche pour chacune des gouttières tentaculaires. Sous cet anneau et en connexion immédiate avec lui, se trouve le vaisseau sanguin annulaire, qu'il est toujours facile de découvrir, d'injecter ou d'insuffler. Au bord externe de ce dernier se trouve placé l'anneau nerveux, lequel, ainsi que les filets destinés aux rayons, est figuré comme excessivement grêle. — Cette ténuité des parties centrales du système nerveux, dans la grosse espèce d'Astérie étudiée par Tiedemann, est un fait auquel on ne devait guère s'attendre, si l'on considère que les nerfs des ambulacres des Oursins sont d'une largeur remarquable dans les points correspondants. Ce que Tiedemann désigne sous le nom de *vaisseau orange*, je l'ai trouvé, en effet, immédiatement en dessus du vaisseau annulaire sanguin ; mais quant à l'anneau nerveux placé au bord externe de ce vaisseau sanguin annulaire, il demeure pour moi une énigme ; dans les individus les plus gros et les mieux conservés de l'*Astropecten aurantiacus*, je n'ai rien trouvé en cet endroit qui pût être isolé du vaisseau ou qui n'en fit partie. Par contre, au point même où doit se trouver le vaisseau orange, on découvre, immédiatement sous la peau, un anneau mou, aplati, d'où partent des prolongements dans la direction des rayons. Cet anneau, que je présume appartenir au système nerveux, est plus large que le vaisseau annulaire sous-jacent qu'il recouvre complètement, et beaucoup plus large que l'anneau nerveux figuré par Tiedemann. Les cordons nerveux destinés aux bras sont aussi très-larges, plus larges même que l'anneau, ils occupent presque tout l'espace compris entre les tentacules. Ces cordons sont mous, pleins et composés, en majeure partie, de fibres longitudinales, de telle sorte que, de même que les nerfs des Oursins, ils se laissent déchirer aisément dans le sens de la longueur. La forme de l'anneau nerveux est, du reste, tout à fait la même que chez l'*Echinus*. Le nerf des rayons forme, immédiatement au-dessous la peau, un large ruban surélevé vers le milieu, et dans lequel on peut distinguer deux moitiés comme sur les nerfs des Oursins et des Holothuries. Entre chaque deux tentacules de l'Astérie naît constamment une branche. Au-

dessous du cordon nerveux du rayon existe une cloison fibreuse, qui repose sur les muscles transverses, immédiatement en dessous du canal aquifère.»

En résumé donc, J. Müller établit que l'organe désigné par Tiedemann sous le nom d'*anneau vasculaire orangé* est l'anneau nerveux lui-même. Cette divergence d'opinions, assez surprenante au premier abord, peut s'expliquer par ce fait que le tissu nerveux de l'Astérie, qui se trouve coloré à l'état frais, peut subir une décoloration plus ou moins complète par suite d'un séjour dans l'alcool. Müller, qui faisait ses dissections sur des individus conservés dans de l'alcool concentré¹, a donc pu trouver un cordon mou, aplati, là où Tiedemann avait rencontré un anneau de couleur orangée.

Voyons maintenant ce que dit Müller des connexions du système nerveux avec les pièces ambulacrales.

D'abord, il pose en fait que, chez les Oursins et chez les Astéries, il y a, par rapport aux ambulacres, inversion réelle dans la position du système nerveux. «Agassiz, dit-il, a exprimé des doutes touchant le fait de savoir si les nerfs des Astéries décrits par Tiedemann appartiennent effectivement au système nerveux, parce que les nerfs des Échinides rampent à la face interne de la coquille, tandis que les nerfs des Astéries passent sur le squelette de l'ambulacre, immédiatement sous la peau. — Il est pourtant aisé de se convaincre que dans l'endroit où se trouvent situés les nerfs chez les Oursins, c'est-à-dire à la face interne de la coquille, il n'y a, chez les Astéries, pas trace de cordon nerveux. Malgré l'analogie réelle de l'ambulacre, la différence constatée existe bien positivement.»

Le fait de la transposition du système nerveux étant admis, il s'agissait de l'expliquer. Mais auparavant Müller s'arrête à présenter encore quelques remarques: «Que dans tous les Échinodermes, dit-il, les ambulacres soient construits sur le même plan, ainsi que le prétendent Duvernoy et Agassiz, que les ambulacres des Oursins soient de même nature que ceux

¹ Pour voir ces parties sur de grosses Astéries conservées dans de l'alcool, il faut, dit Müller, que celui-ci soit concentré. Sur les Astéries conservées dans de l'alcool faible, la peau qui revêt le disque buccal et la gouttière ambulacrale se détache et tombe avec le cordon nerveux situé au-dessous d'elle.

des Astéries, sauf cette différence toutefois qu'ils se trouvent situés dans le même plan que le reste de la coquille chez les premiers et déprimés en forme de gouttières chez les seconds, je ne veux point le nier. Il est facile de s'assurer, en effet, que les ampoules des tentacules se trouvent placées constamment au-dessous du squelette, et que partout la communication entre les ampoules et les tentacules s'effectue de la même manière à travers le squelette de l'ambulacre. Quant aux troncs nerveux, si, chez les Astéries, ils se trouvent placés en dehors de l'ambulacre, sous la peau du sillon radial, et si chez les Échinides ces mêmes troncs se trouvent situés en dedans du squelette de l'ambulacre, cette différence n'implique nullement que l'un ou l'autre de ces cordons ne sont point des nerfs. L'hypothèse que le squelette des Astéries, différent en cela de celui de tous les autres Échinodermes, posséderait au-dessous de l'ambulacre et au-dessous des troncs nerveux une double série de pièces particulières, ne suffirait pas pour résoudre la question; les rapports n'en resteraient pas moins changés, non-seulement pour les nerfs, mais encore pour le vaisseau aquifère du rayon, puisque dans les *Echinus* ce vaisseau est situé au-dessous du squelette ambulacral, et que dans les Astéries il est placé au-dessus de ce même squelette, c'est-à-dire dans le sillon des bras, sur la série des pièces en forme de vertèbres.

Voici maintenant l'explication proposée par Müller : « J'admets, dit-il, comme certain que les plaques ambulacrales des Oursins et les pièces calcaires du sillon des bras des Astéries sont bien la même chose. Cela posé, trois cas peuvent se présenter. Tantôt ces plaques émettent des prolongements qui se réunissent en dessus (en dehors) du cordon nerveux et du vaisseau aquifère du rayon; tel est le cas des Échinides. Tantôt ces mêmes plaques fournissent des prolongements qui se rejoignent en dessous (en dedans) du cordon nerveux et du vaisseau aquifère; elles cessent d'être unies du côté extérieur, où le nerf et le vaisseau ne sont plus recouverts que par des parties molles; tel est le cas des Astéries. Pour exprimer différemment ma pensée, représentons-nous un Oursin dans lequel les plaques ambulacrales viendraient à s'écarter l'une de l'autre, de manière à n'être plus unies entre elles que par la

peau ; admettons, en outre, que les mêmes plaques, en se développant intérieurement, puissent se prolonger au-dessous des vaisseaux et des nerfs du rayon, nous passerons ainsi du type Oursin au type Astérie. Représentons-nous, au contraire, une Astérie dans laquelle les téguments membraneux viendraient à s'incruster de calcaire en dessus (en dehors) des nerfs et des vaisseaux à partir des plaques ambulacrales ; supposons en même temps un large écartement entre les bords de ces plaques au-dessous des vaisseaux et des nerfs : du type Astérie nous passons au type Oursin.

« Le troisième cas serait celui où les pièces ambulacrales s'uniraient à la fois au-dessus et au-dessous du nerf et du vaisseau aquifère. Ce cas se présente chez les *Echinus*, mais en un seul endroit : à l'extrémité antérieure de l'ambulacre, au niveau de ces arceaux calcaires appelés *auricules*. L'auricule est la seule pièce qui dans l'Oursin correspond à la série des pièces vertébroïdes de l'Astérie, et son existence vient à l'appui de la manière de voir que je viens de présenter. »

Un peu plus loin, Müller revient de nouveau sur l'explication que nous venons de présenter, et, craignant de n'avoir point été compris suffisamment, il a recours à une comparaison.

« Ce serait, dit-il, mal comprendre ma pensée si l'on se figurait que les Astérides seules possèdent un système de pièces intérieures, qui manquent aux autres Échinodermes. Chez les Articulés, le cordon nerveux et les viscères occupent la même cavité ; dans quelques cas, cependant, le squelette extérieur émet vers l'intérieur des prolongements (apophyses) qui ont pour effet d'isoler par place la chaîne nerveuse de la masse viscérale ; chez quelques Articulés, on voit même se produire ainsi un véritable canal, qui embrasse à la fois le cordon nerveux et le canal sanguin, dans le thorax de l'écrevisse par exemple. Ces prolongements intérieurs ont été considérés comme des rudiments d'un squelette intérieur. C'est dans le même sens qu'il faut entendre cette expression (squelette intérieur) chez les Astéries, lorsqu'il s'agit des pièces columnaires qui séparent la cavité viscérale de l'espace plus superficiel destiné aux vaisseaux et aux nerfs. »

Pour résumer en deux mots l'idée de Müller et afin de la présenter sous une forme schématique, pour ainsi dire, figu-

rôns-nous donc chaque zone transversale de pièces ambulacrales comme devant représenter typiquement un anneau à travers lequel passeraient le vaisseau et le nerf du rayon.

Chez l'Oursin, la portion extérieure seule de cet anneau se trouverait ossifiée, la portion intérieure restant molle; chez l'Astérie, l'inverse aurait lieu : ce serait la portion extérieure qui resterait membraneuse, tandis que la portion intérieure se trouverait ossifiée.

Chez les Ophiures, ajoute Müller, le cordon nerveux et le vaisseau aquifère du rayon sont recouverts en dessus et en dessous de pièces calcaires : au-dessous d'eux se trouve la série des pièces en forme de vertèbres, dont la surface porte une gouttière dans laquelle ils reposent. Au-dessus d'eux, sur la face ventrale du rayon, se trouvent des plaques calcaires impaires particulières qui paraissent propres aux Ophiures, et qui ne trouvent point leur explication dans le plan général des Échinodermes.

Dans le *Archiv für Anatomie und Physiologie* de 1850 se trouve un autre travail de Müller¹, dans lequel l'auteur fait connaître le système nerveux de la Synapte, système qu'il avait, dit-il, confondu d'abord avec le système sanguin. Nous croyons être utile à ceux qui voudraient entreprendre des recherches sur ce sujet en reproduisant ici, avec les détails qu'elles comportent, les observations de Müller :

« Dans les études anatomiques que j'ai faites sur les Échinodermes (*Archiv*, 1850, p. 117), j'ai décrit, sous le nom de *vaisseaux sanguins* chez les Synaptés, un système de canaux composé d'un anneau vasculaire situé sous la peau du disque buccal, de cinq branches qui passent à travers les trous de l'anneau calcaire pour se porter vers les parois du corps, et de branches destinées aux tentacules. Sur des exemplaires de l'*Holothuria tubulosa* conservés dans l'alcool j'ai retrouvé le canal annulaire et les branches des tentacules; mais en poursuivant mes recherches, j'ai été conduit à des résultats qui modifient complètement ma manière de voir primitive relativement à la nature de ces canaux.

« Dans le mémoire que j'ai cité, j'avais passé complètement

¹ *Berichtigung und Nachtrag zu den anatomischen Studien über die Echinodermen*, von J. Müller (*Archiv f. Anat. u. Phys.*, 1850).

sous silence les nerfs des Holothuries ; je n'étais point parvenu à les découvrir, et j'avais pensé qu'ils se trouvaient détruits dans les sujets conservés dans l'alcool. Quant aux canaux en question, comme je les trouvais creux, et comme, en outre, je pouvais les insuffler dans toute leur longueur, je pensais et je formulais cette opinion que des tubes ne peuvent être confondus avec des nerfs. L'idée des nerfs m'était venue à l'esprit cependant ; elle m'avait été suggérée par ce fait que, chez plusieurs espèces de Synapses, on trouve sur le vaisseau annulaire et à l'origine des branches tentaculaires deux taches de pigment.

« Chez le *Synapta Bescii*, ces taches sont un peu diffusées et tout le rameau tentaculaire se trouve en même temps pourvu d'une coloration noirâtre ; mais, chez le *Synapta lappa*, ces mêmes taches sont nettement délimitées, quadrangulaires, d'une couleur brun rouge tirant sur le noir, et placées régulièrement par paires à la base de chaque rameau. Ces taches, comparables à des points oculiformes, m'avaient suggéré l'idée de troncs nerveux ; je n'abandonnai cette manière de voir d'une manière définitive qu'après avoir reconnu que l'anneau et les branches qui en partent sont pourvus d'une cavité à l'intérieur.

« Sans m'en douter cependant et croyant avoir affaire à des vaisseaux, j'ai décrit le système nerveux lui-même. Comme les canaux en question se trouvent précisément là où devraient se trouver les nerfs, d'après les recherches de Krohn sur les Holothuries, il me vint plus tard à la pensée que ces canaux pourraient bien être les enveloppes ou les gaines des troncs nerveux, dont le contenu (la substance nerveuse) se trouverait détruit. Ces gaines se laisseraient alors disséquer et injecter comme des vaisseaux sanguins. Sur des Holothuries fraîches, la question eût été résolue immédiatement ; mais, pour le moment, je devais me borner à rechercher si l'examen d'un grand nombre d'Holothuries conservées dans l'alcool pourrait me conduire à quelque résultat décisif. Chez les Holothuries, je trouvais généralement entre les muscles longitudinaux et la couche des muscles transverses, tout contre les canaux aquifères, un second canal qu'il était possible de suivre jusqu'à l'anneau calcaire qu'il traversait, et d'insuffler aisément dans toute sa longueur. Ce canal, qui se jetait dans

le vaisseau annulaire à la base des tentacules, pouvait être considéré comme étant de même nature que celui que j'avais décrit chez les Synaptés. En incisant ces canaux sur un certain nombre d'Holothuries, je trouvais leur cavité intérieure tantôt en partie vide, tantôt remplie d'une sorte de bouillie ou matière pultacée, qui, à la vérité, pouvait n'être que du sang, mais qui pouvait être aussi de la matière nerveuse en décomposition. Sur un exemplaire très-bien conservé de l'*Holothuria regalis*, les canaux des parois du corps contenaient des fragments séparés par des cassures transversales, d'un cordon blanc, aplati, que l'on pouvait avec vraisemblance assimiler au nerf de l'ambulacre, tel que Krohn le décrit. En disséquant tout récemment un gros *Synapta Beselii*, j'ai été assez heureux pour rencontrer dans le canal annulaire placé sous le disque buccal un anneau nerveux bien conservé, avec les branches qui se dirigent vers les trous de l'anneau calcaire et les branches non décrites par Krohn chez l'Holothurie et qui se rendent aux tentacules. Dans plusieurs exemplaires de *Psolus phantapus*, le système nerveux se trouvait dans un excellent état de conservation et parfaitement intact dans toute son étendue. A l'intérieur des canaux ou des gaines que j'ai décrits, on rencontrait l'anneau nerveux ainsi que les nerfs destinés soit aux tentacules, soit aux parois du corps.»

Des doutes ont été émis tout récemment touchant la nature des nerfs décrits par Krohn chez les Échinodermes. Comme il n'existe point de ganglions sur le trajet de l'anneau, on s'est demandé si ces cordons appartiennent bien réellement au système nerveux. Cependant les nerfs des Holothuries et des Oursins présentent à un si haut degré les caractères de la substance des nerfs qu'ils ne peuvent guère être assimilés à autre chose. C'est là néanmoins un fait très-remarquable, que les troncs nerveux des Holothuries se trouvent partout renfermés dans une gaine qui, après macération de son contenu, revêt complètement l'aspect de vaisseaux sanguins.

L'anneau nerveux de la Synapte se trouve placé dans le canal annulaire du disque buccal; il est aplati, offrant une face supérieure et une face inférieure, lisses toutes deux. Les bords se montrent renflés par place ou bien d'une manière

uniforme. Chez le *Psolus phantapus*, on peut suivre les branches de l'anneau nerveux dans les parois du corps jusqu'à l'extrémité postérieure. Ces branches pariétales sont lisses sur leurs deux faces et entièrement libres dans la gaine qui les renferme, sauf sur les bords, d'où l'on voit naître des filets latéraux. Il résulte de cette disposition que le cordon nerveux représente une lamelle aplatie, une sorte de cloison, qui partage en deux moitiés, l'une supérieure, l'autre inférieure, le canal où elle se trouve renfermée.

La même disposition m'a paru exister pour les nerfs des tentacules. Reste à savoir si, à l'état frais, les troncs nerveux se trouvent ainsi libres dans leur gaine. La chose dût-elle se montrer ainsi dans tous les cas, il s'agirait encore de décider si chez les Holothuries les troncs nerveux ne sont point entourés de courants sanguins, ainsi que cela a lieu pour le Siphoncle, dont le cordon nerveux, d'après Krohn, serait entouré d'un vaisseau sanguin. Cette question ne pourrait être résolue que sur des animaux frais.

A présent qu'il se trouve établi que le canal que j'ai décrit comme étant un vaisseau n'est en réalité qu'une gaine nerveuse, surgit une autre question : celle de savoir si les vaisseaux dans lesquels M. de Quatrefages a aperçu un courant passent à travers les trous de l'anneau calcaire en compagnie du canal nerveux, comme les canaux aquifères des Holothuries, et si ces mêmes vaisseaux naissent de l'anneau aquifère qui entoure l'œsophage.

Bien que je ne sois point en mesure de résoudre la question, j'ai des motifs de penser que les courants observés par M. de Quatrefages doivent avoir leur siège dans un vaisseau aquifère. On pourrait admettre, il est vrai, que le courant, qu'il soit le résultat d'un mouvement vibratile ou bien d'un mouvement de translation du sang, s'effectue dans le canal nerveux ; mais il est une raison qui vient tout à fait à l'appui de l'opinion de M. de Quatrefages : c'est que chez les grosses Synaptés, là où se trouve le canal nerveux, sur les muscles longitudinaux, j'ai découvert récemment un second canal, qui se trouve situé immédiatement au-dessous du canal nerveux et qu'il est assez difficile d'apercevoir par suite de ses rapports de proximité avec ce dernier. Il paraît, d'après cela, exister chez les Synaptés, comme chez les Holothuries, deux sortes

de canaux dont la signification physiologique doit vraisemblablement être la même. Le canal supérieur chez le *Synapta Beselii* est parfois de couleur noirâtre; en l'insufflant et en l'incisant dans une certaine portion de son étendue, on reconnaît qu'il renferme une matière pultacée (la matière nerveuse décomposée). Après que cette matière a été enlevée, on aperçoit le second canal situé immédiatement au-dessous et qui n'est plus noirâtre, mais incolore, vide, et par cela même difficile à inciser. J'ai pu quelquefois l'insuffler dans une certaine étendue; si l'on manque l'ouverture, le tissu conjonctif des muscles adjacents s'insuffle avec facilité et l'on voit l'air pénétrer dans de petits espaces qui marchent parallèlement aux faisceaux musculaires.

Un nouveau mémoire très-étendu sur la structure des Échinodermes fut publié par Müller en 1853¹. En ce qui concerne le système nerveux, ce travail n'est pour ainsi dire que la reproduction des faits déjà exposés dans le Mémoire du *Archiv f. Anat. u. Physiol.* de 1850. Nous nous bornerons donc à en extraire deux ou trois passages destinés à compléter ce qui a été dit précédemment.

« Les innombrables muscles volontaires qui existent sur la coquille des Oursins, les tentacules ambulacraires, les pédicellaires et les muscles des piquants reçoivent leurs nerfs du tronc nerveux de chaque ambulacre, dont les branches accompagnent les divisions du vaisseau ambulacral. Les troncs nerveux des cinq ambulacres, reliés entre eux autour de la bouche, constituent la portion la plus considérable du système nerveux; comme chez l'*Echinus*, ces troncs sont plus amincis aux deux extrémités de l'ambulacre; comme, d'autre part, leur portion moyenne surpasse de beaucoup en largeur l'anneau nerveux circumbuccal, il est permis de les considérer comme des cerveaux ambulacraires formant un système commun par l'intermédiaire de l'anneau nerveux. »

Le passage suivant est relatif à la terminaison des troncs nerveux des ambulacres.

« Chacune des plaques intergénitales (plaques ocellaires)

¹ *Ueber den Bau der Echinodermen*, von Müller (*Abhandlungen der königlichen Akademie der Wissenschaften zu Berlin*, 1853; p. 137, 138, 165, 168-173, 199, 200). — Ce mémoire est accompagné de 9 planches, avec quelques figures relatives au système nerveux.

est perforée, et sur l'ouverture repose l'ocelle découvert par Forbes. Cet ocelle, dont l'existence a été confirmée par Agassiz et Valentin, que j'ai vu moi-même sur le *Cidaris*, est l'analogue des points oculaires colorés de l'extrémité des bras de l'Astérie. Dans l'un et l'autre cas, le tronc nerveux du rayon pénètre dans cet ocelle, et chez les *Echinus* il passe de l'intérieur à l'extérieur par l'ouverture de la plaque ocellaire.

« Chez les *Ophiures*, le canal ambulacral et le cordon nerveux placé par-dessus reposent dans une gouttière de la face ventrale des segments intérieurs en forme de vertèbre. — Les branches latérales du tronc nerveux, destinées aux tentacules, passent dans une gouttière transversale, située au côté supérieur de la pièce vertébrale et recouverte par le bouclier latéral. »

Dans tous les travaux dont nous avons parlé jusqu'ici, le côté histologique avait été entièrement délaissé; Hæckel, dans un mémoire sur les yeux et les nerfs des Astéries¹, combla en partie cette lacune. Voici ce qu'il dit au sujet de la constitution élémentaire du tissu nerveux des Astéries: « La préparation de ce tissu extrêmement délicat exige les plus grandes précautions. L'action de l'eau, une faible déchirure occasionnée par l'aiguille, une légère pression du couvre-objet suffisent pour le réduire en une masse *détritique*, finement granuleuse et méconnaissable. Malgré ces précautions et l'emploi de différents procédés pour obtenir le durcissement des tissus, je ne suis parvenu qu'à démontrer l'existence des cellules ganglionnaires et des tubes primitifs, soit dans l'anneau nerveux central, soit dans les troncs efférents; il m'a été impossible d'élucider la question relative au mode de répartition et de connexion des deux sortes d'éléments. Mes recherches ont été poursuivies sur deux espèces de grande taille, l'*Asteracanthion glacialis* et l'*Astropecten aurantiacus*, dont le premier est préférable à cause du volume plus considérable des éléments nerveux. Le diamètre des cellules ganglionnaires, chez la première espèce, est de 0^{mm},01-0^{mm},02 (en moyenne 0^{mm},016); chez la seconde, de 0^{mm},004-0^{mm},012

¹ *Ueber die Augen und Nerven der Seesterne*, von Dr Ernst Hæckel (*Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie*, von V. Siebold und Kölliker, t. X, pl. XI; 1860).

(moyenne $0^{\text{mm}},008$). Ces cellules ont l'aspect de gouttelettes ou de globules clairs, extrêmement délicats et pâles, difficiles à distinguer, par suite de leur faible pouvoir réfringent, au milieu de la masse homogène qui les unit. On n'y découvre aucune membrane à l'extérieur; le contenu est clair comme de l'eau, non granuleux, et laisse presque toujours apercevoir dans une position excentrique un noyau pâle, homogène, d'un diamètre de $0^{\text{mm}},002$ à $0^{\text{mm}},005$ environ. Les prolongements des cellules nerveuses et leurs connexions avec les tubes primitifs m'ont complètement échappé. Les tubes primitifs eux-mêmes ont de $0^{\text{mm}},0015$ - $0^{\text{mm}},006$, la plupart $0^{\text{mm}},004$. De même que les cellules, ils sont d'une extrême délicatesse, pâles, homogènes, sans différences appréciables entre l'enveloppe et le contenu. Je n'y ai aperçu ni noyau ni divisions. Après un séjour plus prolongé dans l'eau, ils deviennent variqueux, sans que pourtant une enveloppe primitive devienne apparente. Chez l'*Astropecten*, on aperçoit entre les tubes primitifs, ainsi que sous le névrilemme, lequel est assez solide, homogène et sillonné en travers, des séries longitudinales ou des amas épars de cellules de pigment de $0^{\text{mm}},003$ - $0^{\text{mm}},005$, d'un jaune obscur, à contours nettement limités et renfermant un ou deux nucléoles foncés. Le seul résultat auquel aient abouti mes nombreuses recherches sur la répartition des éléments nerveux est que l'un et l'autre de ces éléments existent dans toute l'étendue des cordons efférents ainsi que de l'anneau nerveux, et, en outre, que les cellules paraissent prédominer à la périphérie, les tubes au centre des cordons nerveux. »

Dans la partie du mémoire de Hæckel relative à la structure de l'œil, l'auteur parle d'un ganglion optique situé à la base du bulbe oculifère: « Ce bulbe, dit-il, présente intérieurement une couche médullaire, homogène, finement granuleuse, qui vraisemblablement n'est qu'un renflement ganglionnaire du nerf optique. » Mais ce n'est là qu'une simple présomption, et en d'autres endroits Hæckel reconnaît lui-même que la question est restée pour lui fort obscure.

Signalons en passant le *Traité d'anatomie comparée* de Leydig, dont le premier volume, paru en 1864¹, renferme, en

¹ *Vom Bau des thierischen Körpers (Handbuch der vergleichenden Anatomie)*, von Dr Franz Leydig, t. I, p. 427; Tübingen 1864.

outre d'une description générale du système nerveux des Échinodermes, un court résumé historique de la question.

En 1864 parut dans les *Nov. act. acad. nat. curios.* un mémoire important du docteur Albert Baur sur le *Synapta digitata*¹. La partie de ce mémoire relative au système nerveux est fort étendue; elle comprend non-seulement une description générale du système nerveux de la Synapte, mais encore sa structure histologique et le récit de quelques expériences destinées à prouver l'existence d'un centre de perception circonscrit autour de la bouche. Ce mémoire, dont nous allons faire connaître la substance, est accompagné de figures excellentes qui facilitent au plus haut point l'intelligence du texte.

L'anneau nerveux de la Synapte est situé exactement, comme chez les Holothuries ordinaires, à la face postérieure du disque buccal, à l'intérieur de l'anneau calcaire et concentriquement à lui. Les cinq troncs nerveux principaux passent à travers des trous ou des échancrures de l'anneau pour se porter dans la direction des cinq muscles longitudinaux du corps².

¹ *Beiträge zur Naturgeschichte der Synapta digitata*, von Dr Albert Baur, mit 8 Tafeln (*Verhandlungen der kaiserlichen Leopoldino-Carolinischen deutschen Akademie der Naturforscher*, vol. XXXI; 1864).

² Le système nerveux de la Synapte étant difficile à apercevoir et pouvant être aisément confondu avec d'autres parties, nous devons faire connaître ici le procédé donné par Baur pour en faire la préparation.

Ayant à sa disposition une Synapte tout entière ou seulement la partie céphalique, il faut d'abord retrancher les tentacules au ras de l'orifice buccal, ensuite couper en travers la paroi du corps immédiatement en arrière de l'anneau calcaire; on obtient de cette façon un segment cylindrique formé en avant par le disque buccal, ouvert en arrière du côté de la cavité du corps et dans lequel se trouve compris l'anneau calcaire. Si l'on place ce segment de telle sorte qu'il repose sur le disque buccal et que la surface de section soit tournée vers l'observateur, en examinant cette surface à l'aide d'une forte loupe, on découvre le bord postérieur de l'anneau calcaire faisant saillie vers la cavité du corps. Ce bord est sinueux et muni de 12 échancrures. Au côté extérieur de l'anneau se montrent 12 enfoncements en cul-de-sac correspondant aux appendices tentaculaires; au côté intérieur, les orifices de section des 12 canaux tentaculaires. Au centre se trouve l'œsophage coupé en travers, et entre celui-ci et l'anneau calcaire les 12 muscles péri-œsophagiens disposés radiairement. On n'aperçoit point encore l'anneau nerveux. Pour atteindre ce résultat, il faut d'abord réséquer les 12 canaux tentaculaires au niveau

L'anneau nerveux se trouve maintenu dans sa situation au moyen d'une lame fibreuse allant du disque buccal à l'anneau calcaire. Cette lame se sépare de la paroi du disque buccal au côté interne de l'anneau nerveux et se partage, en passant au-dessus de celui-ci, en 24 faisceaux ou bandelettes, qui vont en rayonnant s'insérer au côté interne de l'anneau calcaire dans l'intervalle des canaux tentaculaires. La lame fibreuse en question est tout à fait indépendante et sans adhérence aucune avec les muscles à disposition rayonnante, situés plus en arrière. Immédiatement en dehors de l'anneau nerveux se trouvent les ouvertures qui font communiquer les canaux tentaculaires avec les appendices de même nom. Vis-à-vis de chacun des 12 tentacules, on voit naître du bord externe de l'anneau nerveux une courte branche qui se porte en avant au côté interne du tentacule correspondant. Le trajet ultérieur de cette branche dans l'épaisseur du tentacule n'a pu être suivi. En détachant l'anneau nerveux et en le portant sous le microscope, on peut voir sur son bord extérieur et disposés dans un ordre très-régulier les tronçons nerveux provenant de l'arrachement des branches tentaculaires.

Les troncs nerveux destinés aux parois du corps traversent d'abord l'anneau calcaire, puis marchent en ligne droite et sans se ramifier dans une direction correspondante à la ligne médiane de chacun des cinq muscles longitudinaux. A partir de l'anneau calcaire, ils se trouvent situés sous la peau, entre celle-ci et la couche des muscles circulaires⁴; ils ne sont ac-

de leur embouchure, au côté interne de l'anneau calcaire et en respectant ce dernier, puis détacher de ce même anneau tous les muscles radiaires venant de l'œsophage; enfin couper ce conduit en travers immédiatement en arrière de l'orifice buccal. Lorsque toutes ces parties ont été enlevées complètement, alors apparaît la face postérieure du disque buccal. Sur cette face, et appliqué sur elle directement, se montre au côté interne de l'anneau calcaire un cordon blanc, aplati, de forme circulaire. C'est l'anneau nerveux. Dès qu'il se trouve reconnu, on aperçoit en même temps les cinq troncs nerveux radiaires, tous de volume égal, naissant du pourtour extérieur de l'anneau pour traverser l'anneau calcaire sur cinq points également espacés.

Pour mettre à nu les troncs nerveux radiaires, il faut opérer de la manière suivante: prendre un tronçon de Synapte en rapport avec l'extrémité céphalique, fendre la paroi du corps d'arrière en avant au moyen de cinq incisions passant entre les muscles longitudinaux et allant jusqu'à l'anneau calcaire; étaler en manière de rayons les cinq lambeaux

compagnés d'aucun vaisseau, soit sanguin, soit aquifère; il existe néanmoins une disposition qui pourrait faire croire à l'existence d'un canal situé à côté de chaque tronc nerveux et marchant parallèlement à lui. La peau, qui adhère partout très-solidement à la couche musculaire sous-jacente, se soulève légèrement au point où elle recouvre le tronc nerveux, et, s'écartant un peu de lui, elle constitue ainsi une sorte de gouttière qui fait saillie à l'extérieur. Telle est l'explication qu'il faut donner de ces cinq lignes longitudinales, légèrement saillantes, que l'on remarque à l'extérieur, sur le milieu des muscles longitudinaux, chez le *Synapta digitata*. L'impression produite par ces lignes est d'abord celle d'un vaisseau qui serait vu par transparence à travers la peau; on peut donc, ainsi que cela est arrivé à J. Müller, être conduit par cette apparence à admettre l'existence d'un vaisseau, soit sanguin, soit aquifère, en rapport avec le cordon nerveux. En soumettant au microscope de fines coupes transversales effectuées dans cette région, on arrive à reconnaître qu'il n'en est point ainsi, qu'il n'y a là en réalité aucun canal pourvu d'une paroi propre, mais seulement un repli longitudinal de la peau, enfermant dans son intérieur le tronc nerveux. Sur de très-jeunes sujets dont la paroi du corps est entièrement transparente, on n'aperçoit non plus jamais aucun autre canal à côté du tronc nerveux.

Après avoir mis à nu le tronc nerveux par l'ablation de la peau du côté extérieur, on peut l'isoler davantage en enlevant du côté intérieur les faisceaux du muscle longitudinal. Il ne reste plus alors que la couche de fibres transversales sur laquelle le nerf se trouve appliqué: cette couche est suffisamment mince et transparente pour permettre l'examen microscopique.

L'isolement complet du cordon nerveux, vu la finesse et la fragilité de ce dernier, ne peut jamais être obtenu que dans

ainsi obtenus et les fixer aux extrémités avec des épingles. Alors si, à partir de l'anneau calcaire et en allant d'une bande vers l'autre, on détache avec précaution la peau de la couche musculaire sous-jacente, on découvre à la surface de cette couche et adhérent fortement avec elle un filament très-délié: c'est le cordon nerveux. On voit très-bien comment sort ce filament à travers une ouverture ou une échancrure de l'anneau calcaire.

une faible étendue. Cet isolement est plus facile au voisinage de l'anneau calcaire, le nerf offrant en cet endroit un volume supérieur à celui qu'il possède dans les autres parties du tronc.

Lorsque l'anneau ou ses prolongements ont été mis à nu, on peut en isoler aisément de petits fragments et les porter sous le microscope. Ces fragments sont assez minces et assez transparents pour pouvoir être observés directement sans autre mode de préparation. On peut alors constater les faits suivants :

1° L'anneau qui forme la portion centrale du système nerveux ne se distingue en rien relativement à son mode de composition des parties nerveuses périphériques, c'est-à-dire des cinq branches qui rayonnent vers la paroi du corps et des douze rameaux tentaculaires.

2° L'ensemble du système nerveux représente un cordon creux ramifié. Dans la portion qui forme l'anneau central, ce cordon est plus épais ; dans celle qui comprend les branches radiaires, il s'amincit et s'aplatit graduellement.

3° En chaque point du cordon (tube) nerveux, on distingue une enveloppe (conjonctive) membraneuse, sans structure apparente, souvent sillonnée en travers et à contenu granuleux. Au centre se trouve un canal continu, très-apparent dans la commissure annulaire et près de l'origine des branches radiaires. Sur une coupe, ce canal présente une ouverture arrondie ; cette ouverture devient moins apparente aux points où le tube s'aplatit, et sa forme est alors celle d'une fente.

4° Le contenu granuleux du tube (la substance nerveuse proprement dite), limitant le canal intérieur, est composé partout des mêmes éléments. Ceux-ci consistent en gros corpuscules arrondis, semblables les uns aux autres, très-serrés et souvent disposés comme en série. On dirait des noyaux de cellules ou de petites cellules enserrant de très-près leur noyau. Entre ces corpuscules n'existe pas, ou une très-faible quantité seulement, de substance intermédiaire.

5° Les troncs nerveux radiaires de la paroi du corps sont dépourvus de ramifications périphériques. On n'aperçoit nulle part rien d'analogue à la fibre nerveuse proprement dite.

(La fin prochainement.)

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES
DE STRASBOURG.

Ce Bulletin paraît tous les mois, s'il y a lieu, et est gratuitement adressé à tous les membres de la Société. Les personnes étrangères à la Société peuvent s'abonner à cette publication moyennant la somme de 3 fr. par an, qui peut être envoyée en timbres-poste au Président.

(Suite de la séance du 12 mai.)

ZOOLOGIE (M. E. Baudelot).

*Contribution à l'histoire du système nerveux des
Échinodermes.*

(Fin¹.)

~~Comme les troncs nerveux innervent évidemment la substance musculaire du péricome, on devait s'attendre à les voir s'y ramifier et à retrouver dans ces ramifications l'analogie des fibres nerveuses primitives des autres animaux. Il n'en est point ainsi cependant. Souvent il m'est arrivé de pouvoir suivre sous le microscope l'un des troncs nerveux dans l'épaisseur de la couche de fibres transversales, et cela sous un fort grossissement et sur une préparation suffisamment transparente. Néanmoins je n'ai jamais vu se détacher de ce tronc un seul rameau latéral; je puis même ajouter que jamais dans la substance musculaire de la Synapte je n'ai pu, par aucun procédé de recherche, découvrir nulle part quelque chose d'analogue à la fibre nerveuse.~~

Ces caractères particuliers du système nerveux du *Synapta digitata* que nous venons de faire connaître sont de la plus haute signification pour la physiologie du système nerveux. En effet, si nous admettons que nous ayons réellement décrit le système nerveux (ce qui ne paraît point douteux ici, vu la ressemblance avec ce qui existe chez les autres Échino-

¹ Voir les nos 2 et 3.

dermes et surtout chez les *Holothuries tubuleuses*), la structure histologique nous conduit à admettre les deux propositions physiologiques suivantes :

1° La transmission de l'excitation nerveuse n'est pas liée à l'existence de vraies fibres nerveuses distinctes et pourvues d'un contenu homogène. Dans la Synapte, où il n'y a point de fibres nerveuses proprement dites, cette transmission a lieu néanmoins.

2° Ce fait, que toute la substance musculaire de la paroi du corps se trouve innervée par cinq troncs nerveux simples, complètement dépourvus de ramifications, ce fait, dis-je, nous ne pouvons l'expliquer autrement qu'en accordant aux troncs nerveux la propriété de pouvoir produire la contraction de la substance musculaire sans qu'il y ait connexion entre l'élément nerveux et l'élément musculaire, à distance par conséquent. Ce résultat acquiert surtout de l'importance si on le compare aux données les plus récentes fournies par l'anatomie, puisque l'on admet généralement un rapport direct ou de continuité entre la fibre nerveuse et la fibre musculaire.

Le *Synapta digitata* observé à l'état vivant présente une particularité assez singulière, qui, en dehors même de toute notion anatomique, peut permettre de conclure à l'existence d'un centre nerveux.

Lorsque l'on excite ou que l'on touche un peu rudement une Synapte vivante, on voit aussitôt le corps se partager en deux ou plusieurs fragments. Cette rupture est toujours le résultat d'une contraction musculaire violente. Les fibres annulaires, se contractant d'abord très-fortement, produisent sur un point du corps un étranglement très-prononcé : les muscles longitudinaux, agissant ensuite énergiquement en sens inverse, déterminent une rupture au point où siège l'étranglement.

Considéré en lui-même, ce fait ne saurait être invoqué ni pour ni contre l'existence d'un centre nerveux. Il est tout aussi vraisemblable, en effet, de supposer que l'excitation est transmise directement à la fibre nerveuse, que d'admettre qu'elle lui arrive par l'intermédiaire d'un centre nerveux.

Les faits suivants peuvent servir à résoudre la question :

1° Lorsqu'une Synapte vient à se briser en deux, le segment postérieur continue pendant longtemps encore à se mou-

voir avec vivacité, surtout quand on l'excite; mais ce segment a perdu la faculté de pouvoir se briser de nouveau en fragments. Le segment céphalique, au contraire, conserve toujours cette faculté, que la brisure n'ait eu lieu qu'une seule fois, ou bien qu'elle se soit reproduite plusieurs fois successivement.

2° Chaque tronçon céphalique, qu'il soit plus long ou plus court, peut être privé de la faculté de se briser de nouveau, si au moyen d'un coup de ciseaux l'on vient à diviser l'anneau calcaire à partir de l'ouverture buccale. Le tronçon en question peut bien encore expulser ses viscères par contraction, mais il est devenu incapable de se rompre. Ce résultat est constant, quel que soit le point de la circonférence où l'anneau calcaire ait été divisé.

On peut conclure de ces phénomènes :

1° Que les contractions qui amènent la brisure de la paroi du corps ne peuvent pas être seulement la conséquence d'une excitation directe des fibres irritables, mais qu'elles se trouvent subordonnées à la présence de l'extrémité céphalique;

2° Qu'il doit exister dans la tête un organe exerçant une influence déterminée sur les contractions de chacun des points du corps; que cet organe doit se trouver lésé par le fait de l'incision de l'anneau calcaire, puisque, après cette opération, un segment céphalique ne se distingue plus, quant à ses manifestations motrices, d'un segment privé de tête.

Ces expériences démontrent donc l'existence d'un centre nerveux situé dans le voisinage de l'anneau calcaire et concentrique avec lui. Ce résultat est parfaitement en rapport avec les données anatomiques.

Voici maintenant ce que dit Baur au sujet des organes des sens :

« J. Müller a décrit chez les Synaptes des taches oculiformes qui se trouvent placées d'ordinaire dans le champ du disque buccal, à la base des tentacules. J'ai examiné ces organes, mais je n'ai pu me convaincre que les amas de pigment rouge qui se montrent dans cette région de la peau diffèrent des taches de pigment appartenant à l'épiderme et que l'on voit disséminées sur toute la surface du corps. Je ne puis donc confirmer l'opinion de Müller et admettre avec lui que des organes de la vision existent chez la Synapte.

« Par contre, j'ai trouvé appendue sur chacun des cinq troncs radiaires, tout près de son origine de l'anneau nerveux, immédiatement à sa sortie de l'anneau calcaire ou même encore pendant son passage à travers cet anneau, j'ai trouvé appendue, dis-je, une paire d'organes vésiculeux qui, vu leur structure, leur situation et leur mode d'union avec le tronc nerveux, ne peuvent être considérés que comme des appareils des sens, de véritables organes de l'audition.

« Les cinq paires de vésicules ne sont pas visibles extérieurement, mais recouvertes par la peau et par la couche des fibres circulaires; elles reposent sur la face externe de l'anneau calcaire, contenues en partie dans les canaux par où passent les troncs nerveux, ou bien dans les échancrures latérales. Les deux vésicules d'une même paire se trouvent reliées, au moyen d'un court pédicule, avec le tronc nerveux qui passe entre elles. En isolant le tronc nerveux au point où il traverse l'anneau et en l'examinant à la loupe, on aperçoit constamment les deux vésicules auditives en rapport avec lui.

« Si l'on porte sous le microscope une de ces vésicules avec la portion de nerf adjacente, on reconnaît que chaque vésicule est creuse, parfaitement close, et que sa paroi est formée d'une membrane anhiste, tapissée intérieurement d'une couche évidente d'épithélium. On constate, en outre, que le pédicule de chaque vésicule n'est pas une dépendance du nerf, mais un simple prolongement de la membrane de la vésicule, membrane qui se continue directement avec l'enveloppe membraneuse du tronc nerveux. Sur de très-jeunes sujets du *Synapta digitata* et du *S. inhærens*, que leur transparence permet d'étudier parfaitement sous le microscope, ces vésicules se voient beaucoup mieux; elles sont relativement beaucoup plus grosses. A cette époque, elles renferment un ou plusieurs corpuscules arrondis, de structure homogène, fortement réfringents, et qui présentent un mouvement continu de trépidation. Chez les Synapses adultes, ces corpuscules vibrants n'existent plus; mais le nombre des vésicules et leur arrangement ne peuvent laisser aucun doute sur leur complète identité avec les vésicules que l'on trouve dans les Synapses jeunes. »

M. Vulpian, dans ses *Leçons sur la physiologie générale*

et comparée du système nerveux, publiées en 1866¹, consacra quelques pages à l'étude du système nerveux des Échinodermes. Dans ce court exposé, où se trouvent relatées quelques expériences faites sur l'Astérie, l'auteur n'aborde la question anatomique qu'incidemment et pour se borner à émettre des doutes sur la valeur des observations faites antérieurement sur le système nerveux des Échinodermes.

« Tiedemann, dit-il, a le premier décrit chez l'Astérie un système nerveux concentrique à la bouche. De cet anneau nerveux partent des filets extérieurs qui se rendent à chaque rayon, et d'autres filets intérieurs qui se dirigent vers la bouche. Une disposition analogue a été décrite par Krohn chez les Échinoïdes (Oursins et Spatangues); mais cette disposition, qui, sur une figure schématique, paraît de la plus grande clarté, est en réalité extrêmement difficile à constater. J'irai plus loin : je crois que le fait même de l'existence du système nerveux, tel qu'il a été décrit par les précédents auteurs, pourrait être mis en doute. Je l'ai cherché avec soin chez les Astéries, mais en vain; j'en dirai autant des Spatangues, et, pour ces derniers animaux surtout, il n'y a aucune difficulté de dissection. Aussi, si le système nerveux existait, on l'aurait facilement aperçu. »

Voici maintenant le résultat des expériences entreprises sur l'Astérie par M. Vulpian :

« Tous les animaux, dit-il, ont une tendance à une attitude normale. Cette tendance est tout aussi impérieuse chez les animaux inférieurs que chez les animaux supérieurs. Ainsi, lorsqu'on place dans l'eau une Astérie sur le dos, elle remue presque aussitôt ses tentacules, cherche à les fixer au sol et y parvient au bout de quelques instants. Elle retourne alors le rayon dont les tentacules se sont les premiers fixés, puis successivement elle retourne ses quatre autres rayons.

« Si l'on pratique, sur chaque côté d'un rayon, une section passant par l'angle rentrant qui le sépare de deux rayons voisins, de telle sorte que les deux sections aillent se rencontrer sur l'orifice buccal de l'animal, on voit le rayon ainsi détaché du reste de l'animal revenir à sa position normale, lorsqu'on

¹ *Leçons sur la physiologie générale et comparée du système nerveux*; faites au Muséum d'histoire naturelle, par A. Vulpian; rédigées par M. Ernest Brémond. Paris 1866 (p. 737 et suiv.).

le pose sur sa face dorsale, et conserver son attitude normale dès qu'il l'a reprise.

« Si l'on pratique la section dans un autre sens, si l'on sépare un rayon du reste de l'animal par une section transversale passant près de la base de ce rayon, le tronçon ainsi isolé se livre à des mouvements désordonnés, se retourne pour se renverser quelques instants après, et ne parvient pas à garder son attitude normale, lorsqu'il réussit à la reprendre. Au contraire, l'animal mutilé, réduit à quatre rayons, reprend et conserve très-bien son attitude normale.

« La différence que nous observons dans ces expériences entre un rayon séparé du reste de l'animal, de façon à être en rapport avec sa propre partie basilaire, et un rayon séparé de sa base, semble indiquer qu'il y a dans cette partie basilaire de chaque rayon une disposition organique qu'il faut regarder comme le point de départ de ce que j'appelle *la tendance à l'attitude normale*.

« En second lieu, il est facile de montrer expérimentalement que les divers rayons d'une Étoile de mer sont en rapport les uns avec les autres pour l'exécution du mouvement de renversement du corps, et qu'il y a là une sorte de vague *consensus*, sans lequel le mouvement n'arriverait jamais à bonne fin. En effet, si l'on pratique deux sections partant de chaque côté d'un des rayons, c'est-à-dire de l'angle rentrant qui le sépare des deux rayons voisins, et se dirigeant vers la circonférence de l'ouverture buccale, mais sans se prolonger jusqu'au centre de cette ouverture, le rayon en question ne sera pas entièrement détaché du reste de l'Étoile de mer, mais on aura tranché en grande partie ses moyens d'union avec les autres rayons. Or, dans ces conditions, si l'Astérie est mise sur le dos, on verra que pendant que les quatre rayons intacts tenteront de faire reprendre à l'animal son attitude normale, le rayon à moitié détaché travaillera pour son propre compte, en égoïste, se retournera et, d'ordinaire, rendra très-difficile, sinon impossible, le mouvement d'ensemble qui doit remettre l'Astérie sur sa face tentaculaire. Si les sections ont été faites de façon à isoler à moitié deux rayons du reste de l'Étoile de mer, jamais elle ne parviendra à reprendre son attitude normale, à cause du travail désharmonique et toujours inverse des deux parties de l'animal.

« Les effets de ces expériences semblent ne pouvoir s'expliquer qu'en admettant une disposition du système nerveux analogue à celle qui a été décrite par Tiedemann. Cependant, je le répète, mes recherches anatomiques ne m'ont pas permis de constater *de visu* cette disposition. »

Afin de compléter l'exposé que je viens de faire relativement au système nerveux des Échinodermes, qu'il me soit permis de faire connaître à présent le résultat de mes observations personnelles sur le même sujet. Je traiterai de la question au point de vue anatomique d'abord, au point de vue physiologique ensuite.

Les différents types qui composent le groupe des Échinodermes ne se prêtent pas avec une égale facilité à l'étude du système nerveux. Sur les uns (les Ophiures et les Oursins), l'existence d'un système nerveux, tel qu'il a été décrit par Tiedemann, Krohn, Müller etc., est facile à reconnaître; sur d'autres (les Astéries, les Holothuries et les Synapses), l'étude de ce même système est entourée de difficultés considérables.

Pour quiconque veut arriver à se faire rapidement une idée nette de la disposition du système nerveux des Échinodermes, les Ophiures me paraissent devoir être choisis de préférence à tout autre type. Entre les diverses espèces d'Ophiures, la belle espèce méditerranéenne désignée sous le nom de *Ophioderma longicauda* (Müller et Trosch.), d'*Ophiura lacertosa* (Lamarck), est celle dont l'étude m'a offert le plus de facilité.

On sait que chez les Ophiures le système des pièces calcaires offre un développement très-considérable, et que la gouttière ventrale des bras, au lieu d'être revêtue seulement par la peau, se trouve recouverte par des boucliers solides très-résistants. Ce ne sont point là, semble-t-il au premier abord, des conditions de nature à faciliter beaucoup la recherche de parties aussi délicates que celles dont se compose le système nerveux. Si cette difficulté existe en effet, il existe par contre un moyen bien simple d'y obvier, et ce moyen le voici: il faut plonger pendant vingt-quatre heures l'animal dans un bain d'eau acidulée (une partie d'acide azotique pour cinq parties d'eau environ). Au bout de ce temps, le tissu des pièces calcaires se trouve complètement ramolli, et la dissection du système nerveux peut être poursuivie avec la plus

grande facilité. Pour mettre à nu le cordon nerveux des bras, il suffit d'enlever avec précaution la membrane qui recouvre la gouttière ventrale; à l'aide d'une loupe, on aperçoit alors le cordon nerveux, sous l'aspect d'un cordon blanchâtre, aplati, assez résistant, parfaitement insoluble, et d'où partent symétriquement à droite et à gauche les filets destinés aux tentacules. Pour découvrir l'anneau nerveux circumbuccal, il suffit de suivre jusqu'à la base des rayons le cordon nerveux brachial; on arrive ainsi jusqu'à l'anneau, que l'on peut ensuite isoler aisément, dans toute son étendue, en enlevant avec précaution la peau qui recouvre le disque buccal. — Si l'on fait usage du procédé que je viens d'indiquer, quelques minutes peuvent suffire pour opérer la dissection du système nerveux dans son ensemble et acquérir une idée très-nette de sa disposition dans les animaux rayonnés.

Dans l'*Ophioderma longicauda*, j'ai vu les nerfs tentaculaires se diviser en deux branches à la base de chaque tentacule; l'une de ces branches pénétrait dans l'intérieur du tentacule, l'autre se portait en haut et en arrière et m'a paru se perdre dans la région dorsale du bras.

Relativement aux Échinides, les recherches de Krohn m'ont paru d'une exactitude parfaite en tout point; j'ai pu, sans trop de difficulté, vérifier tous les faits qu'il mentionne dans son mémoire. La seule particularité que j'ai pu observer est relative au mode de distribution des filets latéraux des cinq troncs radiaires. Chaque tentacule, comme on le sait, se trouve mis en communication avec le système aquifère par deux pores ambulacraires situés à sa base; il résulte de là que chaque tentacule peut être considéré comme un organe double, fait dont on peut se convaincre aisément au moyen d'une coupe transversale; on aperçoit alors sur la surface de section deux tubes accolés, comme les canons d'un fusil double. Malgré cette duplicité, néanmoins, je n'ai jamais vu qu'un seul filet pénétrer dans le tentacule par l'un des deux pores ambulacraires.

Pour les *Echinus* comme pour les Ophiures, j'ai eu recours à l'emploi de l'eau acidulée afin de ramollir la coquille et de faciliter la dissection. Sous l'influence de ce réactif, les cordons nerveux prennent une couleur blanchâtre, deviennent plus résistants et s'isolent avec facilité.

Tout autres sont les difficultés que l'on rencontre chez les Astéries. En faisant usage de moyens semblables à ceux qui m'avaient si bien réussi à l'égard des Oursins et des Ophiures, je ne suis point parvenu à me convaincre de l'existence du système nerveux chez ces animaux. En frottant à l'aide d'un pinceau la peau qui tapisse le fond de la gouttière ambulacrale sur une Astérie ramollie dans la liqueur acide, il m'a bien semblé dans certains cas apercevoir par transparence à travers cette membrane une sorte de liséré blanchâtre le long de la ligne médiane; mais en enlevant la peau qui ici pouvait se détacher avec la plus grande facilité, il m'a toujours été impossible de voir nettement et à plus forte raison d'isoler un cordon semblable à celui des Oursins et des Ophiures; inutile d'ajouter que je n'ai point non plus aperçu de traces de filets latéraux. L'apparence d'un cordon blanchâtre sous la peau m'a toujours paru résulter simplement d'un épaississement de cette membrane, plus considérable dans le voisinage de la ligne médiane que sur les côtés.

En tout cas, s'il existe un cordon nerveux, sa structure doit être fort différente de celle du même cordon chez les Oursins et les Ophiures; sa texture doit être aussi beaucoup plus délicate; néanmoins je m'étonne encore qu'ayant obtenu des résultats aussi nets sur les animaux de ces deux types, je ne sois point parvenu à découvrir sur l'Astérie une disposition qui se trouve décrite de la façon la plus précise par des anatomistes d'une autorité incontestable.

Quant au système nerveux des Holothuries, je ne veux point me prononcer aujourd'hui, mes recherches sur ce point étant restées trop incomplètes.

Relativement à la structure des cordons nerveux, voici ce que j'ai pu constater: dans les *Echinus*, le cordon nerveux est composé de fibrilles d'une extrême finesse, 0^{mm},0004 environ. Ces fibrilles, d'un diamètre uniforme, sont disposées parallèlement, unies entre elles au moyen d'une matière finement granuleuse, et difficiles à dissocier. Un certain nombre d'entre elles cependant se montrent toujours flottantes aux extrémités déchirées des nerfs; on peut ainsi se convaincre que ce ne sont point des tubes, mais des fibrilles simples, offrant dans leur aspect la plus grande analogie soit avec les fibres élastiques, soit avec les fibrilles du tissu conjonctif.

Dans l'épaisseur de ce cordon fibrillaire, vers la périphérie surtout, on aperçoit de très-petites cellules, dont le diamètre varie de 0^{mm},003 à 0^{mm},006. Ces cellules sont extrêmement abondantes; la plupart d'entre elles sont arrondies; quelques-unes sont fusiformes avec un prolongement à chaque pôle; d'autres sont piriformes et munies d'un seul prolongement. Cette couche de cellules se retrouve également sur les cordons nerveux radiaires, sur l'anneau œsophagien et *sur les nerfs latéraux* qui se rendent dans les tentacules ambulacraires.

Dans les Ophiures comme dans les *Echinus*, j'ai vu le cordon nerveux composé d'un faisceau de fibrilles revêtu entièrement d'une couche épaisse de très-petites cellules. Je dois ajouter, du reste, que la couche celluleuse persiste constamment, quelque bien isolé que puisse être le cordon nerveux; ce qui conduit à supposer que dans la portion la plus externe des nerfs l'élément fibreux et l'élément cellulaire se trouvent intimement associés.

Reste maintenant à décider si les parties que nous avons décrites jusqu'ici comme appartenant au système nerveux sont bien réellement les représentants de ce système.

La réponse à cette question est à la fois des plus complexes et des plus embarrassantes. S'il existe un système nerveux distinct chez les Échinodermes, sa forme, pour être en harmonie avec celle des animaux rayonnés, doit très-vraisemblablement être radiaire. Or, il faut bien le reconnaître, le système de cordons décrits par Tiedemann, Krohn, Müller etc., et dont j'ai pu constater moi-même l'existence, répond parfaitement à l'idée que l'on peut se faire du système nerveux d'un animal rayonné. A quelle autre catégorie d'organes, du reste, rattacher ces cordons?

Mais alors surviennent les objections. D'abord celle d'Agassiz, fondée, comme nous l'avons vu, sur ce fait que chez les Échinides et chez les Astérides les rapports entre le cordon nerveux et les plaques ambulacrales se trouvent invertis. La réponse faite à cette objection par Müller est habile; mais tant qu'il ne sera pas prouvé d'autre part que les organes en litige sont bien de nature nerveuse, cette réponse, en définitive, n'aura abouti qu'à asseoir une hypothèse sur une autre hypothèse.

L'étude de la structure intime, qui en pareille circonstance semblerait devoir fournir de précieux renseignements, demeure elle-même tout à fait insuffisante pour dissiper l'incertitude. Pour qu'il en fût ainsi, en effet, il faudrait qu'il y eût toujours possibilité de déterminer avec certitude si une cellule ou une fibre donnée est ou n'est pas de nature nerveuse. Or, à mon avis, cette possibilité n'existe pas. Quand une cellule ou une fibre est prise dans un organe nerveux bien déterminé, il est facile d'ordinaire de décider quelle est sa nature, bien que dans certains cas cependant, à l'égard de certains éléments des centres nerveux des vertébrés par exemple, l'hésitation puisse encore avoir lieu. Mais s'il s'agit de cellules et de fibres prises dans un organe de nature douteuse, comme l'est celui des Échinodermes, de cellules et de fibres ayant perdu en outre ce caractère distinctif qu'elles possèdent ailleurs, alors je répons, sans hésiter, que les espérances fondées sur l'histologie pour trancher la question sont, sinon illusoires, du moins fort hasardées.

Personne, que je sache, n'a encore établi d'une manière quelque peu certaine que les fibres, que les cellules des cordons nerveux des Échinodermes sont bien des fibres nerveuses, des cellules nerveuses et pas autre chose. Eût-on même entrepris de l'établir, que je persisterais à douter encore, et voici sur quoi je me fonde :

Dans le cours de recherches que j'ai faites sur le *Comatula mediterranea*, je n'ai pu m'empêcher d'être frappé de la ressemblance qui existe entre la structure du cordon fibreux central des bras et le cordon nerveux des autres Échinodermes. Lorsque, après avoir fait dissoudre l'enveloppe calcaire d'une Comatule dans de l'eau acidulée, on vient à disséquer le cordon fibreux qui occupe le canal central de l'un des bras, on obtient un cordon blanchâtre, médiocrement résistant, émettant des filets latéraux en regard de chaque pinnule, offrant, en un mot, dans sa disposition, la plus grande ressemblance avec les cordons nerveux des autres Échinodermes. A l'origine des bras, ce cordon central se montre aplati et présente un sillon médian qui le partage en deux moitiés. Chacune de ces moitiés se réunit, dans l'intérieur du disque, avec la moitié correspondante du bras le plus voisin; de cette union résulte dans la région dorsale du disque un anneau fibreux pentago-

nal dont l'aspect rappelle celui de l'anneau nerveux périésophagien des autres Échinodermes. Relativement à la structure intime, l'analogie n'est pas moindre. Le cordon central est composé de fibrilles cimentées par une matière finement granuleuse. En outre de ces fibrilles, principalement dans le voisinage de l'anneau pentagonal, on observe de très-petites cellules qui paraissent contenues dans l'épaisseur même du tissu fibrillaire.

Ainsi donc chez les Comatules il existe des parties qui évidemment n'appartiennent point au système nerveux, et qui dans leur disposition aussi bien que dans leur structure offrent une analogie presque complète avec les cordons nerveux des autres Échinodermes.

Si de ces faits on rapproche ceux qui ont été signalés par Baur relativement à la Synapte, le doute alors est porté à son comble. Des cordons nerveux tubuleux, composés uniquement de cellules et sans trace de tissu fibrillaire, ce sont là, il faut bien l'avouer, des nouveautés anatomiques qui, en l'absence de données plus certaines, commandent provisoirement la plus grande réserve.

Dans l'impossibilité d'arriver à une conclusion quelque peu certaine par la voie de l'anatomie, voyons maintenant ce qu'il est permis de conclure des données de la physiologie.

J'ai déjà cité les expériences de Baur sur la Synapte et celles de Vulpian sur l'Astérie, comme tendant, les unes et les autres, à prouver l'existence d'un système nerveux central chez les Échinodermes.

Ces expériences ont-elles toute la portée que leur attribuent leurs auteurs? C'est là une question qui peut laisser quelques doutes.

Selon Baur, un tronçon de Synapte séparé de l'extrémité céphalique devient incapable de se partager en fragments; cette faculté de la rupture spontanée est perdue également pour un tronçon céphalique dont l'anneau calcaire a été divisé par une incision transversale.

Sans être dénués de valeur, ces résultats cependant ne sont point d'une signification parfaitement précise. Comme les muscles longitudinaux du corps, dont l'action contribue si puissamment à la rupture de ses parois, prennent leur point d'appui sur l'anneau céphalique, il est fort difficile de déci-

der à quel point l'ablation ou même un simple changement dans les conditions de stabilité de cet anneau peuvent influencer la contraction musculaire.

Selon M. Vulpian, un rayon d'Astérie, séparé du reste de l'animal par une section transversale faite près de sa base, se livre à des mouvements désordonnés, se retourne pour se renverser quelques instants après, et ne parvient pas à garder son attitude normale, lorsqu'il réussit à la reprendre; d'où il conclut à l'existence dans la partie basilaire de chaque rayon d'une disposition organique qu'il faut regarder comme le point de départ de la tendance à l'attitude normale. J'ignore sur quelle espèce d'Astérie a expérimenté M. Vulpian; mais pour ma part je puis affirmer que, sur une grande espèce d'Astérie que j'ai recueillie à Port-Vendres et que je regrette de n'avoir pu déterminer alors, je suis arrivé à des résultats complètement opposés.

J'avais coupé en travers l'un des rayons, non pas à sa base, mais vers le milieu de sa longueur. Ce tronçon ainsi séparé du reste du corps a vécu cinq jours. Non-seulement j'ai pu constater qu'il se retournait lorsque je le renversais sur la face dorsale; mais, de plus, j'ai observé qu'il pouvait encore progresser d'une façon tout à fait normale, le déplacement se faisant ordinairement dans le sens de la pointe, plus rarement en sens inverse. En suivant ces mouvements avec attention, on voyait d'ordinaire les tentacules de la pointe s'allonger, puis se balancer en tâtonnant comme pour explorer le terrain; les autres tentacules entraient ensuite en action, se fixant et se détachant tour à tour de manière à produire un mouvement de progression dans un sens déterminé. Or rien de plus facile à démontrer que, pour qu'un semblable mouvement de progression puisse s'effectuer, il faut de toute nécessité que les tentacules agissent tous d'un commun accord ou, pour me servir de l'expression consacrée, qu'il y ait *consensus* entre eux. Les tentacules, comme on le sait, adhèrent aux corps environnants au moyen d'une ventouse, et cette adhérence est très-énergique. Si donc chacun d'eux agissait uniquement pour son propre compte, si, par exemple, au moment où quelques-uns viennent à se fixer, d'autres ne quittaient pas leur point d'attache, et *vice versa*, il en résulterait des tractions en tout sens qui rendraient toute progression

régulière impossible. Le seul fait de la progression, le jeu harmonique des tentacules, sont, je le répète, un indice certain que tous ces organes obéissent à une influence commune. Dans le cas présent, cette influence ne saurait être dans l'anneau nerveux central, qui n'existe plus, elle réside dans le rayon lui-même. Mais où siège exactement cette influence et en quoi consiste-t-elle? C'est là assurément une question fort difficile à décider.

Les expériences au moyen desquelles on a prétendu démontrer l'existence d'un centre anatomique des mouvements volontaires chez les Échinodermes ne me paraissent donc nullement concluantes. Du reste, ne sommes-nous point en possession d'une multitude de faits qui établissent jusqu'à l'évidence que l'accord qui se manifeste chez un même animal dans le jeu des différents organes, ne se trouve point subordonné d'une façon nécessaire à l'existence d'un appareil nerveux distinct? Les Hydres n'ont point de système nerveux, et cependant ne voyons-nous pas toutes les parties de l'un de ces animaux concourir d'une façon harmonique à l'accomplissement d'un acte déterminé, la préhension des aliments par exemple, ou la progression? Nous pourrions en dire autant des infusoires et d'un grand nombre d'animaux inférieurs chez lesquels jusqu'à présent on n'a point trouvé trace de système nerveux. Quel est, dans ce cas, le lien mystérieux qui subordonne les uns aux autres les différents organes? C'est là et ce sera là probablement longtemps encore une énigme posée à la sagacité humaine.

De ce que la physiologie aussi bien que l'anatomie s'est trouvée impuissante jusqu'ici à prouver d'une manière irréfutable que les organes décrits chez les Échinodermes comme représentant le système nerveux appartiennent bien réellement à ce système, je ne veux point conclure assurément qu'un tel système n'existe point, ni même que les organes décrits ne sont point de nature nerveuse. J'affirme seulement que les doutes qui planent sur cette question n'ont point été dissipés.

Quelle voie suivre pour atteindre une solution? L'étude directe des Échinodermes, si l'on tient compte des résultats acquis, promet peu pour l'avenir; je pense qu'en pareil cas l'étude de types de passages, où il serait possible de suivre

pas à pas la dégradation du système nerveux, serait le moyen le plus efficace pour résoudre le problème. Le groupe si intéressant et malheureusement trop peu connu des Géphyriens, groupe établissant la transition des vers aux Échinodermes, me paraît devoir offrir sous ce rapport un intérêt tout particulier.

PHYSIQUE. — *Modification de la machine de Holtz*
(M. Saint-Loup).

On sait que la machine de Holtz consiste en deux plateaux circulaires de verre, l'un fixe F, l'autre mobile M; le plateau F porte deux ouvertures circulaires diamétralement opposées; ces ouvertures donnent passage aux pointes d'armatures en papier collées contre l'une des faces du plateau F. Devant l'autre face et à une petite distance du plateau fixe tourne le plateau mobile, séparant ainsi les armatures de papier d'armatures en cuivre isolées, qui sont opposées aux armatures de papier.

Quand on électrise une des armatures en papier, la machine est amorcée, et il suffit de tourner pour donner lieu à un développement continu d'électricité, qui se manifeste sous la forme d'une vive étincelle entre les extrémités postérieures des armatures en cuivre suffisamment rapprochées.

Si l'on fait usage de cette machine, on reconnaît qu'il n'est pas toujours aisé de l'amorcer, et qu'il est nécessaire d'essuyer avec soin les plateaux et de les sécher.

Il m'a paru qu'on pouvait obvier à ces inconvénients en modifiant la machine de façon à la mettre à l'abri de l'humidité. A la vérité, il suffisait de mettre sous une cage de verre la machine actuelle, mais on eût ainsi augmenté considérablement son volume, et je crois avoir atteint le but d'une façon plus simple en modifiant la forme des plateaux. Aux disques de verre, je substitue donc des cylindres. L'un, extérieur, est fixe; l'autre, intérieur, est mobile autour de son axe, qui d'ailleurs coïncide avec l'axe du premier. Le cylindre extérieur est fermé en haut et en bas, il est seulement percé d'ouvertures donnant passage à deux fils reliés aux armatures

de papier qu'il porte extérieurement. Ces deux fils sont placés en regard des peignes métalliques qui en sont séparés par le cylindre intérieur. Il est inutile d'entrer dans aucun détail d'exécution de cette machine ; ils sont aisés à concevoir. Le cylindre mobile est porté sur un axe qui traverse le fond inférieur du cylindre fixe, tandis que le fond supérieur est traversé par les extrémités postérieures des peignes métalliques, extrémités que l'on peut mettre en communication par la disposition ordinaire.

Le modèle que j'ai fait construire et qui n'a pu être terminé m'a donné des étincelles fort continues, très-brillantes, mais de peu de longueur. Je crois que cette disposition peut permettre d'intéressantes recherches en faisant varier la pression dans le cylindre de la machine, il est vrai dans des limites restreintes ; ou encore en faisant varier la nature du milieu dans lequel a lieu le développement de l'électricité en remplissant le cylindre de divers gaz.

LE BUREAU.

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES
DE STRASBOURG.

Ce Bulletin paraît tous les mois, s'il y a lieu, et est gratuitement adressé à tous les membres de la Société. Les personnes étrangères à la Société peuvent s'abonner à cette publication moyennant la somme de 3 fr. par an, qui peut être envoyée en timbres-poste au Président.

PHYSIQUE. — *Étude expérimentale de l'attraction exercée par une bobine sur un barreau de fer doux*¹ (M. **Saint-Loup**).

I. Préliminaires.

Lorsqu'on soumet un barreau de fer doux mobile suivant son axe à l'action du courant qui traverse une bobine cylindrique dont l'axe coïncide avec l'axe du barreau, l'attraction exercée dépend à la fois des données de l'expérience et de la position relative du barreau et de la bobine. Divers physiciens ont étudié cette action, mais dans des conditions particulières, quelquefois trop vaguement définies pour donner lieu à des conclusions précises et généralement ne comprenant pas un nombre suffisant d'expériences pour faire connaître l'ensemble des lois qui régissent le phénomène. J'ai entrepris une série d'expériences pour connaître l'influence des diverses variables dont il dépend.

Travaux antérieurs. Avant de définir le but de mes recherches, j'énoncerai les principaux résultats auxquels on est parvenu et qui sont consignés dans les traités de Wiedemann et de Müller, où l'on trouve sur ce sujet les indications les plus complètes.

(1) Le diamètre des tours de spire est sans influence sur la quantité de magnétisme donnée au barreau quand celui-ci

¹ Cette étude a été entreprise sous les auspices de l'Association scientifique de France, qui a bien voulu subvenir aux frais des expériences.

dépasse assez la bobine des deux côtés. Quand le barreau ne dépasse pas la bobine, les bobines étroites agissent plus énergiquement que les bobines larges.

(2) La quantité de magnétisme du barreau est proportionnelle à l'intensité du courant (dans de certaines limites d'intensité du courant) (Lenz et Jacobi).

(3) Si, autour d'un cylindre de fer doux, des courants d'égale intensité circulent dans le même nombre de spires, le magnétisme développé est indépendant du fil et de l'écartement des spires.

(4) L'action totale est proportionnelle au nombre des spires.

(5) Dans tous les cylindres massifs de fer, de même longueur, avec la même spirale et la même intensité de courant, le magnétisme est proportionnel au diamètre du cylindre (Müller).

Lenz et Jacobi avaient, de leur côté, trouvé que le moment magnétique était proportionnel à $i \sqrt{d}$.

Les travaux de Hankel l'ont conduit aux lois suivantes :

(6) L'attraction d'un barreau aimanté par une bobine traversée par un courant est directement proportionnelle au carré de l'intensité du courant et au carré du nombre de tours du fil enroulé sur la bobine, aussi longtemps que l'aimantation du barreau n'approche pas du maximum.

Ce résultat a été aussi obtenu par Dub.

(7) L'attraction maximum a lieu quand le bord supérieur de la bobine est à peu près au niveau du bord supérieur du barreau. Cette position dépend d'ailleurs de la longueur du barreau et de celle de la bobine.

(8) L'attraction est à peu près proportionnelle à la racine carrée du diamètre des barreaux.

Dub avait aussi trouvé que cette loi était vérifiée dans de certaines limites.

Telles sont les lois qui se rapprochent le plus par leur nature de celles qui font l'objet de mes recherches. Les travaux de Hankel en particulier sont ceux qui touchent le plus près à l'étude que j'ai entreprise.

La critique de toutes ces expériences serait longue et sans grande portée ; elle résultera naturellement de l'ensemble de mes observations. Toutefois il n'est pas inutile d'en faire comprendre le caractère sur un exemple. Si je prends la dernière

loi formulée par Hankel et par Dub, elle me semble donner lieu aux observations suivantes. D'abord le rapport des attractions exercées par une bobine sur deux barreaux n'est pas indépendant de la distance de la bobine à laquelle sont placés les deux barreaux. Par cela seul (supposé exact), la loi perdrait toute valeur. D'autre part, la loi n'est pas la même si la bobine est invariable ou si sa longueur du fil et sa hauteur seules sont fixes. Elle est d'ailleurs formulée dans la première hypothèse; mes expériences ne l'ont pas confirmée, mais elles ont fait connaître l'influence du diamètre du barreau sur le travail de l'attraction pour la course totale du barreau, élément important à considérer d'abord au point de vue pratique et en outre parce que l'introduction de cet élément écarte la considération de la distance du barreau à la bobine, variable qui n'est pas suffisamment définie, ainsi que d'autres encore, dans la plupart des propositions énoncées.

Il en résulte que ces propositions peuvent être en partie vraies, en partie fausses; en tout cas, elles ne sont qu'approchées, et on verra par la suite que la traduction des lois qui régissent le phénomène étudié ne comporte pas un énoncé simple.

But des recherches. Le but que je me suis proposé est d'étudier principalement le travail de l'attraction exercée par une bobine sur un barreau de fer doux dirigé suivant l'axe de la bobine et pénétrant dans l'intérieur. Parmi les variables dont dépend cette attraction, on a considéré l'intensité du courant, le diamètre de la bobine, sa hauteur, la longueur des barreaux, leur diamètre et le diamètre du fil de la bobine.

Dans les expériences, on a écarté d'abord deux de ces variables, l'intensité du courant et le diamètre du fil.

Division de la question. Ainsi on a opéré sur des bobines construites avec le même fil et l'intensité du courant restant constante. La question a été divisée de la manière suivante :

I. Étude de l'action d'un courant circulaire de diamètre variable sur un barreau donné et à diverses distances.

II. Étude de l'action d'une bobine de faible hauteur et de diamètre variable sur un barreau donné et à diverses distances.

III. Étude de l'action d'une bobine de diamètre constant et de hauteur variable sur un barreau donné et à diverses distances.

Chacune de ces études comportait encore comme variables la longueur et le diamètre du barreau. Enfin on a examiné l'influence du diamètre du fil de la bobine.

Nécessité de nouvelles expériences. Hankel, Marianini, Feilitsh ont aussi examiné diverses dispositions propres à augmenter l'énergie de l'action ; j'ai renoncé à introduire dans mes recherches des variables nouvelles, et je me suis borné pour le moment à expérimenter sur des barreaux pleins et des bobines cylindriques. L'ensemble de ces expériences conduira à la connaissance des lois de l'action de la bobine sur le barreau et des conditions qu'il convient de réaliser pour obtenir le travail maximum d'une machine électro-magnétique fondée sur cette action. Je ne me suis pas attaché à traduire les lois en formules : la formule exacte n'aurait pu être simple, et une formule simple n'aurait pu traduire les résultats avec une approximation suffisante. D'ailleurs, il est évident que les conditions trouvées ne peuvent *a priori* être regardées comme définitives et convenant à la machine en mouvement, puisque le mouvement du barreau déterminera des courants d'induction ayant pour effet d'affaiblir l'intensité du courant de la pile. Le travail que peut fournir la machine se trouve ainsi diminué à mesure que la vitesse augmente, et a pour limite le travail correspondant à la chaleur dégagée dans l'action chimique.

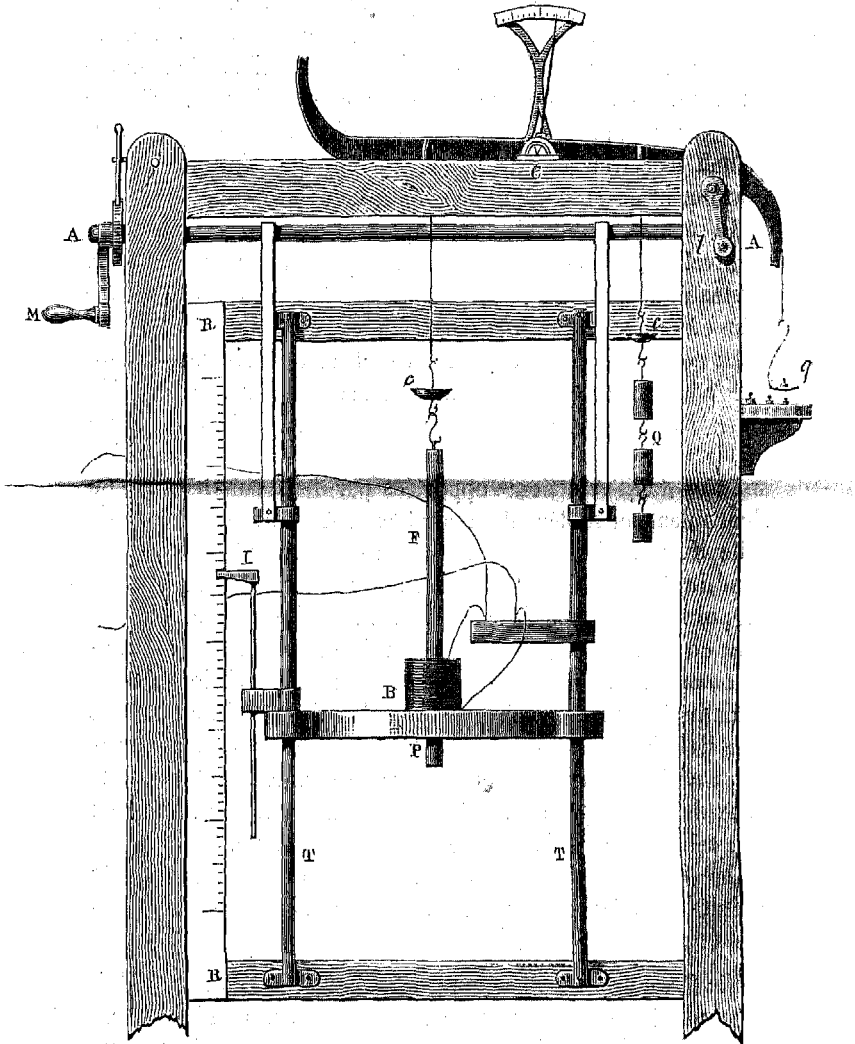
La production du travail dans une machine électro-magnétique étant due au développement des courants d'induction, il paraît naturel de chercher à favoriser le développement de ces courants et, pour cela, de chercher les dispositions les meilleures pour augmenter la vitesse de la pièce au mouvement de laquelle ce développement est dû, puisque le courant induit est proportionnel à cette vitesse.

Le mode d'action de la machine étant d'abord choisi d'une manière générale, il faut étudier les dispositions particulières propres à augmenter l'énergie de cette action. C'est la machine construite d'après les résultats de l'observation qui servira ensuite à l'étude de l'action dynamique.

L'étude dont je viens de tracer le cadre exigeait que l'on

pût mesurer rapidement et avec une précision suffisante l'attraction d'une bobine sur un barreau dans les diverses conditions que l'on avait en vue. Voici la disposition que j'ai adoptée.

Fig. 1.



Description de l'appareil. Un double châssis en bois (fig. 1) portait toutes les pièces nécessaires à l'expérience. Le bar-

reau F était suspendu à l'un des bras d'un fléau dont le couteau C reposait sur deux coussinets d'acier poli fixés aux traverses supérieures. On faisait équilibre au barreau F par des poids Q . Ces poids, ainsi que le barreau F , étaient suspendus par des rubans de soie s'appuyant sur deux secteurs ménagés sur le fléau. Un petit plateau suspendu à l'extrémité droite du fléau recevait les poids q destinés à mesurer l'attraction. Ce plateau était porté par un ruban qui s'enroulait sur la tranche du fléau. La courbure de cette tranche avait pour effet de faire varier la longueur du bras de levier du poids q et permettait d'arriver à un équilibre stable que l'on établissait exactement en observant l'aiguille qui surmontait le fléau.

Au moyen d'un levier sur lequel on agissait à l'aide de la manivelle l , on pouvait, en soulevant le fléau, remettre le couteau exactement à la même place, afin que l'axe du barreau eût une position constante.

La bobine B était placée sur un plateau P horizontal et mobile parallèlement à lui-même; de façon que son centre décrivit l'axe du barreau. A cet effet, deux douilles fixées au plateau glissaient sur des tiges parallèles TT , fixées au châssis. Ces douilles étaient supportées par deux rubans qui, en s'enroulant ou se déroulant sur l'axe AA à l'aide de la manivelle M , produisaient le mouvement ascendant ou descendant du plateau. Un cliquet permettait de fixer le plateau en un point quelconque de sa course. La position de ce plateau était connue au moyen d'un index I relié au plateau et glissant avec lui le long d'une règle RR divisée en millimètres.

Enfin le courant était amené de la pile dans une pièce de bois fixée à l'une des douilles et contenant du mercure dans des cavités ménagées dans son épaisseur. En mettant dans deux de ces cavités les extrémités du fil de la bobine, ainsi que celles du fil de la pile, le circuit était fermé.

Une boussole de tangentes et un rhéostat placés dans le circuit donnaient le moyen de vérifier la constance du courant et de la maintenir.

Manière d'opérer. Pour faire une expérience, on procédait de la manière suivante : On suspendait le barreau F au ruban du fléau à l'aide d'anneaux et de crochets rendant cette opération facile; on faisait contrepoids avec les poids Q suspendus de la même manière. Deux petites coupelles cc pou-

vaient recevoir l'appoint nécessaire pour un équilibre rigoureux. Cela fait, on plaçait la bobine sur le plateau de façon qu'en élevant celui-ci, le barreau pénétrât exactement dans la bobine. On amenait alors le plateau, en tournant la manivelle M , dans une position telle que l'extrémité inférieure du barreau affleurât la face supérieure de la bobine. Ajoutant alors la demi-longueur du barreau à la demi-longueur de la bobine, on avait la distance du centre du barreau au centre de la bobine. On faisait glisser la tige qui porte l'index I de façon à amener l'index à la division de la règle correspondant à la distance des centres. Dès lors, si on faisait monter ou descendre le plateau, l'index I marquait constamment sur la règle la distance du centre du barreau au centre de la bobine, distance que nous appellerons, pour abréger, *distance des centres*. On vérifiait la position du fléau à l'aide du levier de relèvement; on s'assurait que la bobine était bien placée en constatant que le mouvement du plateau ne troublait pas l'équilibre. On descendait le plateau et on fermait le circuit. Enfin on réglait le courant à l'aide du rhéostat de façon que la déviation de la boussole atteignit une valeur déterminée constante. L'expérience était dès lors complètement préparée.

En tournant la manivelle M , on montait lentement la bobine; quand l'aiguille du fléau quittait le zéro, on commençait les pesées; de petits chocs sur le châssis facilitaient les oscillations du fléau. Pour plus de commodité dans la représentation des résultats de l'expérience, on effectuait les pesées lorsque l'index I marquait un nombre entier de centimètres représentant, comme on sait, la distance des centres.

Le poids q était évalué en grammes et décigrammes. On pouvait ainsi former un tableau tel que le suivant :

Bobine	Dévation.
Barreau	Tangente.
x Distance des centres.	q Attraction exercée.
.
.
.

Représentation des résultats. Les résultats pouvaient être figurés par une courbe où la distance des centres était prise pour abscisse et l'attraction pour ordonnée. L'aire de cette courbe, mesurée au planimètre ou autrement, donnait le travail de l'attraction. La comparaison des travaux avec les diverses données expérimentales était le principal objet que l'on avait en vue.

Barreaux. Les barreaux soumis à l'expérience étaient des barreaux cylindriques de fer doux. Leur diamètre était de 1, 2, 3 centimètres, et leur longueur de I, II, III, IV, V, VI décimètres. Nous désignerons par III.2 le barreau de III décimètres de long et de 2 centimètres de diamètre. La suite des expériences a conduit à employer principalement les barreaux de 1 centimètre de diamètre et à examiner deux nouveaux barreaux III.0,37 et III.0,73.

Bobines. Les bobines formaient deux séries : l'une composée de bobines *larges* ; l'autre de bobines *longues*. Les bobines de la première série avaient une faible hauteur ; 14 millimètres ; la même pour toutes. Elles étaient formées de bobines annulaires de dix spires de fil répétées sur dix couches. Ces anneaux, au nombre de six, pouvaient entrer exactement les uns dans les autres et former ainsi des bobines de hauteur constante et de diamètre croissant. Nous les désignerons par les nos 1, 2, 3, 4, 5, 6 et par 2.5 la bobine formée par les anneaux 2, 3, 4, 5. La bobine 1 donnait exactement passage au barreau de 1 centimètre ; on la remplaçait par une autre pouvant donner passage au barreau de 2 centimètres, quand on opérait sur ce barreau.

Les dimensions de ces bobines sont définies par le tableau suivant :

BOBINES.	DIAMÈTRE en millimètres.	LONGUEUR DE FIL en mètres.
1	37	7,3
2	65	23,4
3	93	48,0
4	124	81,4
5	149	124,2
6	177	175,7

Le fil qui composait le circuit était du fil de cuivre de 1 millimètre de diamètre, recouvert de coton, ce qui augmentait son diamètre de 0^{mm},4.

Ces bobines étaient destinées à reconnaître l'influence du diamètre de la bobine. Les anneaux isolés pouvaient être employés à étudier l'action d'un circuit élémentaire.

La seconde série de bobines, dites *bobines longues*, se composait de trois bobines de 18 couches de fil et dont les hauteurs étaient 3, 6, 12 centimètres; en les combinant, on avait des bobines de 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21 centimètres de hauteur et de même diamètre égal à 62 millimètres. Ces bobines seront désignées par leur hauteur.

Outre ces deux séries de bobines, on a employé quatre bobines de même hauteur et de même longueur de fil, donnant exactement passage aux quatre barreaux III. 0,37 — III. 0,73 — III. 1 — III. 2, et enfin des bobines de même hauteur, de même diamètre intérieur et de même résistance; les premières pour étudier l'influence du diamètre du barreau; les autres pour examiner l'influence du diamètre du fil de la bobine.

~~Je vais exposer maintenant les résultats de mes recherches dans l'ordre indiqué plus haut.~~

II. Étude de l'action d'un courant circulaire, de diamètre variable, sur un barreau donné.

Cette étude a principalement pour but de fournir des éléments à la comparaison de l'action d'un courant circulaire avec celle de la série de courants qui constitue une bobine. Elle a été faite au moyen des bobines 1, 2, 3, 4, 5 et 6, formées, comme on sait, d'un faisceau de 100 spires; l'emploi d'une spire unique aurait exigé un courant trop intense.

On a d'abord fait agir sur le barreau I.1, à diverses distances, la bobine 1, puis les bobines 2, 3, 4, 5, 6, l'intensité du courant restant constante.

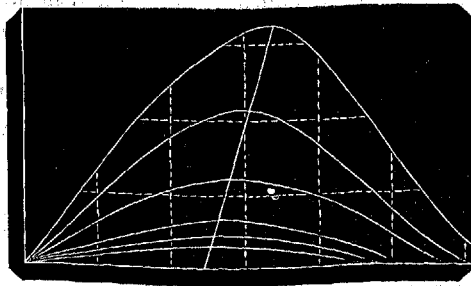
On a effectué la même série d'observations sur le barreau III.1 et sur le barreau V.I. Voici les résultats qu'a fournis ce dernier barreau :

V. 1 DISTANCES.	ATTRACTION DES BOBINES.					
	1	2	3	4	5	6
25	2,90	2,00	1,40	0,90	0,70	0,65
24	4,80	2,90	1,70	1,00	0,85	0,80
23	3,90	3,00	1,90	1,10	0,90	0,85
22	3,20	2,70	2,00	1,10	1,00	0,90
20	2,45	2,20	1,80	1,05	1,00	0,95
17	1,70	1,60	1,30	0,90	0,85	0,80
14	1,15	1,00	0,90	0,70	0,65	0,60
10	0,60	0,55	0,52	0,50	0,45	0,40
6	0,35	0,32	0,28	0,24	0,20	0,18

La conclusion la plus générale à tirer de ces tableaux est que l'attraction diminue à mesure que le diamètre du circuit augmente, et que la loi de ce décroissement dépend de la distance à laquelle on considère l'attraction. On voit, par exemple, dans le dernier tableau que l'action de la bobine 1, qui vaut six fois celle de la bobine [6] à la distance 24, en est seulement le double à la distance 17.

On peut encore observer que la distance pour laquelle l'action d'un circuit est maximum dépend du diamètre du circuit et qu'elle est d'autant plus grande que le diamètre du circuit est plus petit.

Fig. 2.



La fig. 2 représente les résultats qui se rapportent au bar-

reau I.4; les distances y sont prises pour abscisses et les courbes successives se rapportent aux six bobines employées. Ces diverses courbes sont asymptotes à l'axe des abscisses.

Rapprochons les nombres que nous venons de trouver de ceux qui mesurent l'action des bobines $[1]$, $[1.2]$, $[1.3]$, etc. (§ III), et nous arriverons à une conclusion assez remarquable.

Considérons, par exemple, les actions des bobines 1, 2, 3... sur le barreau III.1; à la distance 13, nous avons:

340 270 170 110 90 80

dont les racines carrées sont:

18,4 16,4 13,0 10,5 9,6 9

Ajoutons les deux premières, puis les trois premières etc., on a:

18,4 34,8 43,8 54,3 63,9 72,6

dont les carrés sont:

340 1210 1920 2950 4080 5270

Or les actions des bobines $\bar{1}$, $\bar{1.2}$, $\bar{1.3}$ etc. sont, à la division 13 (fig. 4):

5 14 26 38 54 68

nombres proportionnels aux précédents.

Essayons le même rapprochement sur les nombres correspondant à une autre distance, 8 par exemple; nous trouvons encore la même loi.

Désignons par $A_{1.3}$ l'action de la bobine 2.3, et de même des autres. La relation fournie par les considérations précédentes sera:

$$A_{1.6} = (\sqrt{A_1} + \sqrt{A_2} + \dots + \sqrt{A_6})^2$$

ou:

$$\sqrt{A_{1.6}} = \sqrt{A_1} + \sqrt{A_2} + \dots + \sqrt{A_6}$$

ou:

$$\sqrt{A_{1.6}} - \sqrt{A_{1.5}} = \sqrt{A_6}$$

Ce que l'on peut énoncer de la manière suivante:

La racine carrée de l'attraction exercée par une spirale plane

sur un barreau est égale à la somme des racines carrées des actions des spires successives agissant isolément sur le barreau.

Ou encore :

La différence des racines carrées des actions de deux spirales planes est égale à la racine carrée de l'action de la spirale qui en est la différence.

III. Étude de l'action d'une bobine de diamètre variable et de faible hauteur sur un barreau donné.

Les expériences ont été faites avec les six bobines

$$I - \overline{I.2} - \overline{I.3} - \overline{I.4} - \overline{I.5} - \overline{I.6}$$

sur les barreaux

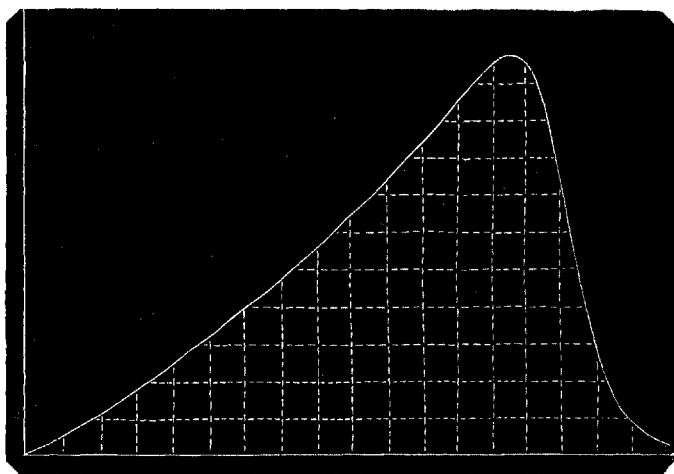
$$I.A - II.A - III.A - IV.A - V.A - VI.A$$

Je crois inutile de rapporter ici toutes les observations relatives à cette série d'expériences, et qui comprendraient trente-six tableaux analogues au suivant, qui contient les résultats obtenus pour l'action de la bobine $\overline{I.3}$ sur le barreau III.A. L'attraction q est exprimée en grammes; la distance x en centimètres.

Bobine	I.3	Déviatiou . . .	41°, 40'
Barreau	III.A	Tangente . . .	0,206
x	q	x	q
18	0,4	12	9,4
17	0,8	10	7,2
16	2,8	8	5,6
15	7,6	6	3,8
14	10,6	4	2,4
13	10,4	2	1,0

La représentation graphique des résultats donne la courbe suivante :

Fig. 3.



Les divisions de l'axe des abscisses représentent des centimètres. (Les figures jointes au texte n'ont pas été construites toutes à la même échelle, parce qu'un certain nombre d'entre elles, auraient eu des dimensions trop petites ou trop grandes.)

Influence de la distance. L'allure de cette courbe montre que l'attraction croît d'abord à peu près proportionnellement à la distance des centres presque jusqu'au moment où elle atteint son maximum; elle décroît ensuite très-rapidement d'abord, puis par-degrés insensibles.

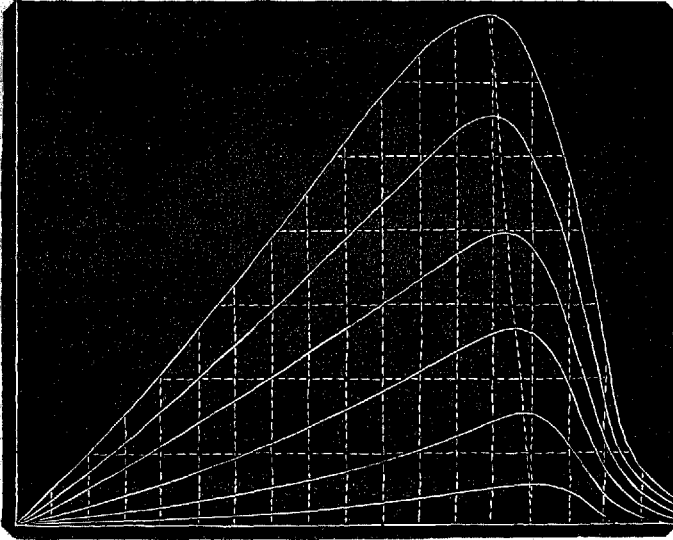
Toutefois l'allure de la courbe n'est pas identique pour tous les barreaux, et s'il y a des analogies, il y a aussi des différences dont nous nous occuperons tout à l'heure et qui montrent que la remarque précédente n'est pas d'une application générale.

Influence du diamètre de la bobine. Occupons-nous d'abord de comparer l'action sur un même barreau de la série des bobines. Il suffit pour cela de jeter les yeux sur la figure suivante, où les courbes successives, à partir de l'axe des abscisses, représentent les actions des bobines successives 1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6 sur le même barreau III.1.

On voit que, pour les diverses positions relatives du barreau et de la bobine, l'attraction augmente avec le diamètre de

la bobine ; mais ces attractions ne croissent pas dans le même rapport à toutes les distances et ce rapport n'est pas constant pour la même distance. On voit aussi que la distance des

Fig. 4.



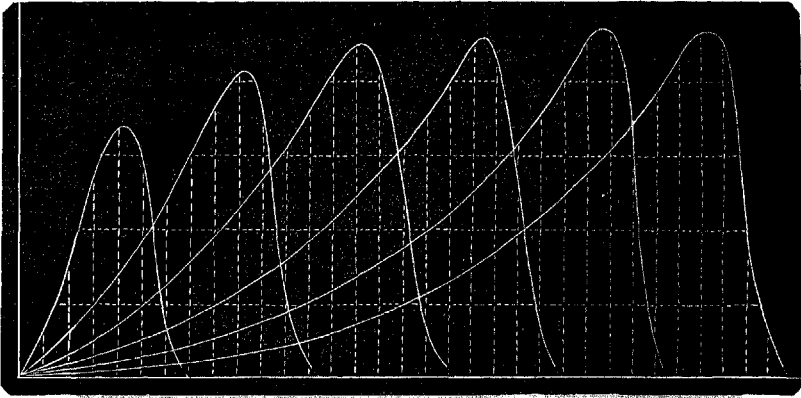
centres pour laquelle l'action est *maximum* diminue un peu à mesure que le diamètre de la bobine augmente et que cette distance, pour un barreau de 30 centimètres, reste comprise entre 13 et 14 centimètres quand le diamètre extérieur de la bobine varie de 37 à 177 millimètres. L'extrémité du barreau ne dépasse alors le centre de la bobine que de 1 à 2 centimètres.

Influence de la longueur du barreau. Pour reconnaître l'influence de la longueur du barreau, faisons agir la bobine 1.2 sur les barreaux

I.4 — II.4 — III.4 — IV.4 — V.1 — VI.4

La représentation graphique des résultats donne les courbes suivantes :

Fig. 5.



Les abscisses ont été réduites dans le rapport de 3 à 1.

Ces courbes ne donnent lieu à aucune remarque simple. On voit que la valeur de l'attraction maximum paraît tendre vers une constante à mesure que la longueur du barreau augmente. On peut aussi observer que cette attraction maximum se produit quand l'extrémité du barreau a dépassé le centre de la bobine d'une longueur sensiblement constante et voisine de 1 centimètre, quelle que soit la longueur du barreau.

Comparaison des travaux. Passons maintenant à la comparaison des travaux développés dans les diverses conditions où nous nous sommes placés.

Évaluons le travail de l'attraction pour la course totale, nous trouvons pour l'aire des courbes correspondant à l'action des bobines

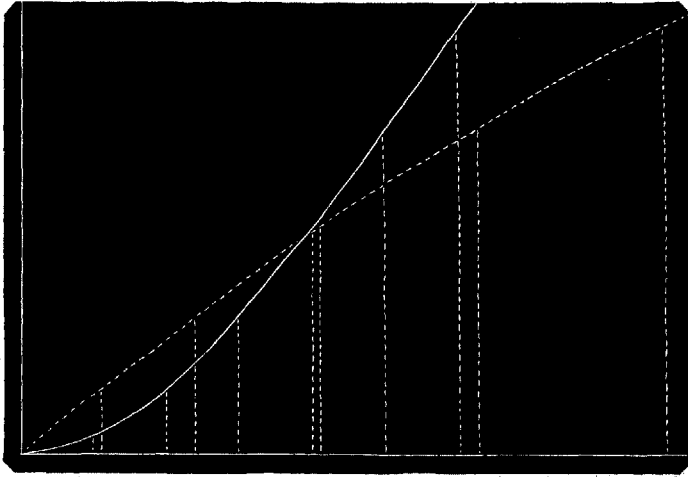
1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
---	-----	-----	-----	-----	-----

sur le barreau III.1 les nombres :

28	89	492	304	425	563
----	----	-----	-----	-----	-----

Construisons la courbe du travail, en prenant le travail pour ordonnée ; la courbe figurée en trait plein représente la marche du travail en fonction du diamètre de la bobine ; celle qui est figurée en traits interrompus représente la marche du travail en fonction de la longueur du fil de la bobine.

Fig. 6.



Le diamètre intérieur de la bobine était de 12 millimètres, et le diamètre extérieur a varié de 12 à 177 millimètres. On voit que *le travail croît à peu près proportionnellement à la longueur du fil*, dans cet intervalle; car la courbe ponctuée s'infléchit légèrement vers l'axe des abscisses.

Si nous comparons de même les travaux développés par l'action d'une bobine donnée, 1.2, par exemple, sur la série des barreaux

I.A — II.A — III.A — IV.A — V.A — VI.A

nous trouvons que ces travaux sont représentés par les nombres

34 64 89 110 123 131

(La suite au prochain numéro.)

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES
DE STRASBOURG.

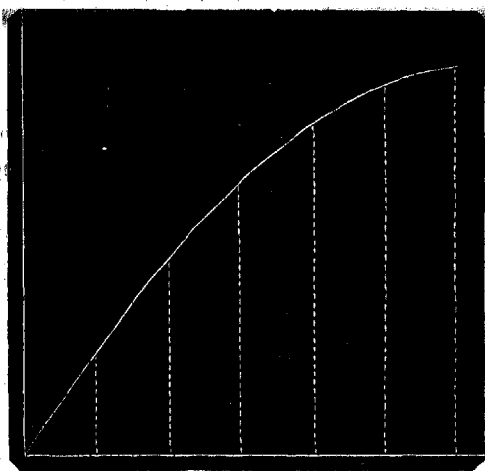
Ce Bulletin paraît tous les mois, s'il y a lieu, et est gratuitement adressé à tous les membres de la Société. Les personnes étrangères à la Société, peuvent s'abonner à cette publication moyennant la somme de 3 fr. par an, qui peut être envoyée en timbres-poste au Président.

PHYSIQUE. — *Étude expérimentale de l'attraction exercée par une bobine sur un barreau de fer doux* (M. **Saint-Loup**).

(fin¹.)

Figurons aussi ces résultats

Fig. 7.



On voit par la figure que le travail développé croît avec la longueur du barreau et semble tendre vers une constante.

Des observations et des calculs analogues, effectués sur la

¹ Voir notre dernier numéro.

série des barreaux de 1 centimètre de diamètre à l'aide de la série des bobines larges, conduisent à la formation du tableau suivant, dans lequel la première colonne verticale renferme les longueurs de circuit des bobines 1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5, 1.6; les autres colonnes donnent les travaux développés par l'action de ces bobines sur la série des barreaux.

Tableau du travail de l'action de la série des bobines de même hauteur sur la série des barreaux de même diamètre.

LONGUEURS.	I.1	II.1	III.1	IV.1	V.1	VI.1
7,4	41	21	28	33	38	41
23,4	34	64	89	110	123	134
48,0	63	135	192	240	262	280
81,4	94	201	304	371	412	433
124,0	126	285	425	525	580	620
175,7	155	365	563	685	774	820

Si nous comptons sur un axe ox les longueurs de circuit, sur oy celles du barreau et sur oz le travail, nous pouvons construire une surface dont l'ordonnée représentera le travail en fonction de la longueur du fil et de la longueur du barreau, et qui présente ainsi le résumé graphique de toutes les expériences qui précèdent.

Les principales conclusions à tirer de là sont : 1^o qu'il est avantageux d'augmenter autant que possible la longueur du barreau; 2^o qu'il conviendrait aussi de distribuer sur plusieurs bobines de même hauteur la même longueur de fil plutôt que de construire avec ce fil une bobine unique. Ainsi trois bobines de 60 mètres de fil donneraient un travail représenté par 33, tandis qu'une bobine unique de 180 mètres donnerait 29. Toutefois l'avantage ainsi obtenu est assez faible relativement à la complication mécanique qu'il exige.

IV. Étude de l'action d'une bobine de hauteur variable et de diamètre constant sur un barreau donné.

Influence de la hauteur de la bobine. Nous venons de voir que le travail augmentait rapidement avec la longueur du barreau; prenons le barreau V.1 et faisons agir sur ce bar-

reau les bobines de hauteur 6, 12, 18, 24, nous obtenons les résultats représentés par les courbes ci-dessous :

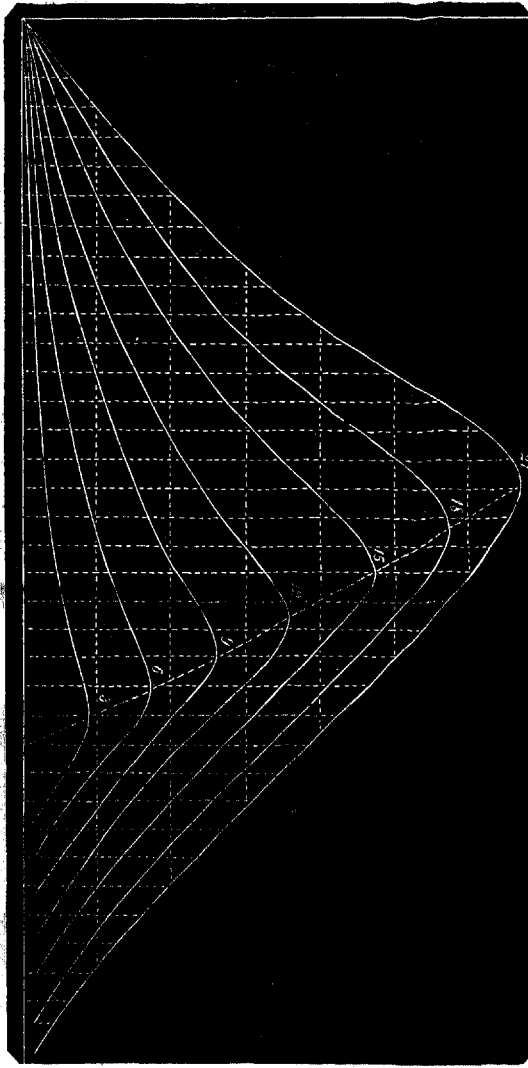


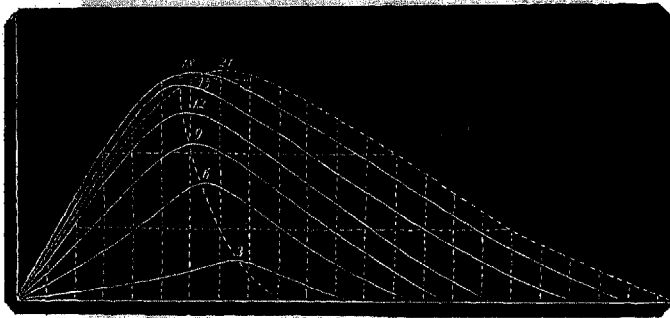
Fig. 8.

Les distances des centres ont été réduites dans le rapport de 10 à 4, afin de réunir dans la même figure toutes les courbes obtenues. Les courbes relatives aux bobines 3, 9, 15 ont été intercalées.

On voit que l'action de la bobine est continuellement croissante, ainsi que le travail. La distance des centres correspondant au maximum d'action diminue à mesure que la longueur de la bobine augmente et varie de 24 à 15 centimètres, la demi-longueur du barreau étant de 25 centimètres. L'effet maximum a sensiblement lieu quand l'extrémité du barreau va dépasser celle de la bobine; car, si on ajoute la demi-longueur de la bobine à la distance des centres, on trouve $23,5 + 4,5$, $22,5 + 3$, $21 + 4,5$, $20 + 6$, $18 + 7,5$, $17 + 9$, $15,5 + 11,5$, ce qui donne une somme qui varie de 25 à 27 et par conséquent s'écarte peu de la demi-longueur du barreau. Il est clair que cette marche du maximum ne saurait se maintenir quand la longueur de la bobine approche de celle du barreau, et on le voit déjà par les rapprochements que nous venons de faire.

Dans cette série d'expériences, la hauteur de la bobine n'a atteint que les $\frac{21}{50}$ de celle du barreau. Pour nous rendre compte des modifications que peut subir la loi manifestée par la représentation graphique, quand la longueur de la bobine atteint celle du barreau, répétons la même série d'expériences avec le barreau II.1, nous obtenons la série de courbes suivante :

Fig. 9.

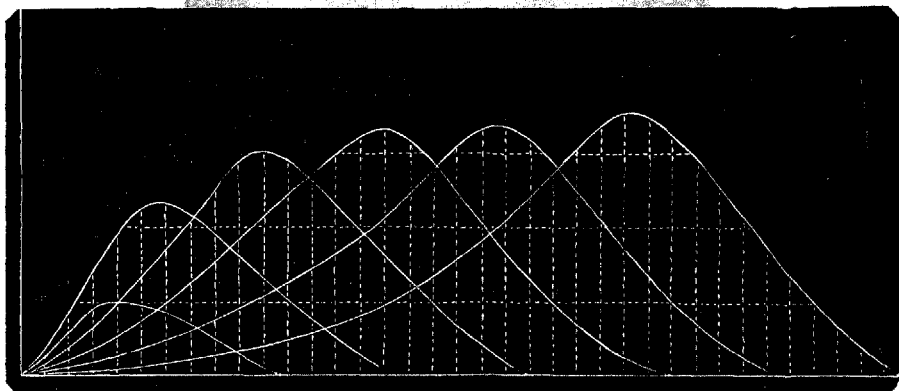


Il faut en conclure que la marche de l'attraction subit un notable changement quand la longueur de la bobine est voisine de celle du barreau. Ainsi le maximum qui s'approche de l'origine jusqu'à la bobine 12 s'en éloigne avant la bobine 15 et ses variations diminuent rapidement. L'attraction

de la bobine 21, dont la longueur dépasse celle du barreau et dont la courbe est dessinée en traits interrompus, est plus faible que celle de la bobine 18 entre l'origine et le maximum, et elle est plus forte au delà comme on pouvait le prévoir.

Influence de la longueur du barreau. Ce qui précède met en évidence l'influence de la longueur de la bobine, le barreau étant donné. Si maintenant nous prenons une bobine déterminée, la bobine 12 par exemple, et si nous soumettons à l'action de cette bobine la série des barreaux, nous reconnaissons que l'attraction est représentée par la série des courbes ci-dessous :

Fig. 10.



On voit par là que l'attraction maximum semble tendre vers une constante à mesure que la longueur du barreau augmente. Quant à la distance des centres correspondant au maximum d'effet, elle est sensiblement égale à la demi-longueur du barreau diminué de la demi-longueur de la bobine, c'est-à-dire que l'extrémité inférieure du barreau coïncide à peu près avec l'extrémité inférieure de la bobine.

Comparaison des travaux. Si maintenant nous comparons les travaux développés dans les diverses dispositions observées, nous arrivons aux résultats qui suivent.

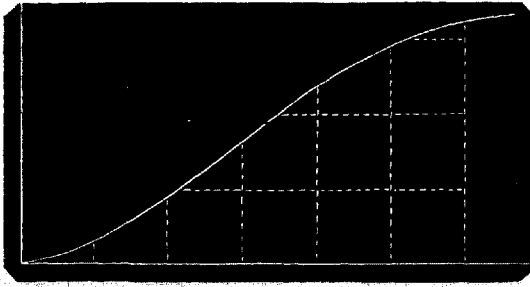
L'évaluation du travail de l'attraction des bobines succes-

sives sur le barreau II.1, attraction représentée dans la fig. 9, donne pour les bobines

	3	6	9	12	15	18
les nombres	30	84	140	215	270	295

La fig. 11 fait connaître la marche du travail en fonction de la hauteur de la bobine.

Fig. 11.



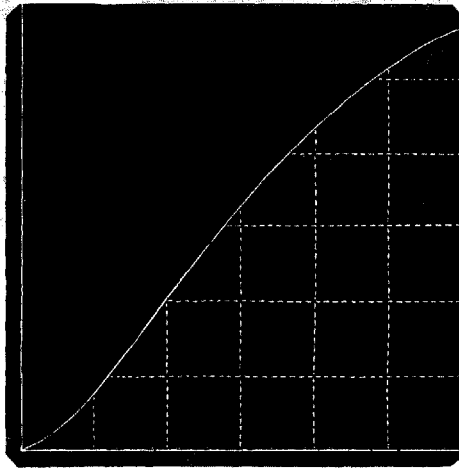
On voit que le travail croît d'abord plus rapidement, et ensuite plus lentement, que la hauteur de la bobine.

De même, l'évaluation du travail de l'attraction exercée par la bobine 12 sur les barreaux

	I.1	II.1	III.1	IV.1	V.1	VI.1
donne les nombres	65	215	325	430	510	560

représentés par la courbe suivante :

Fig. 12.



dont l'ordonnée mesure le travail en fonction de la longueur du barreau.

Répétons les mêmes séries d'observations avec les autres bobines, et nous formerons le tableau ci-dessous :

Tableau du travail développé par l'action de la série des bobines de même diamètre sur la série des barreaux de même diamètre.

BOBINES.	I.1	II.1	III.1	IV.1	V.1	VI.1
3	45	30	40	50	60	65
6	35	84	107	140	180	210
9	55	140	200	280	340	380
12	65	245	325	430	510	560
15	»	270	450	630	740	810
18	»	295	580	830	1000	1120
21	»	»	690	1030	1240	1370

Portons sur une droite ox la hauteur des bobines, sur oy la longueur des barreaux et parallèlement à ox le travail (fig. 13), la surface ainsi construite résumera cette seconde série d'expériences.

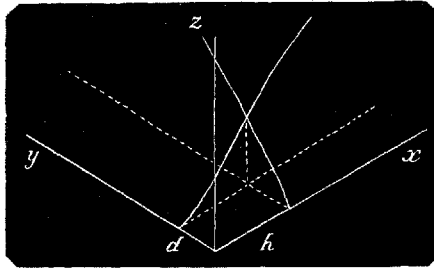
L'inspection du tableau ou de la surface qui le représente met suffisamment en évidence l'influence de la longueur de la bobine et de la hauteur du barreau sur le travail de l'attraction pour la course totale du barreau, et montre la nécessité d'employer des barreaux longs si on veut augmenter le travail, l'intensité du courant restant la même.

On voit aussi qu'il y a lieu d'augmenter la hauteur de la bobine en même temps que celle du barreau, car deux bobines identiques de faible hauteur, agissant sur deux barreaux identiques, fourniront un travail plus petit qu'une bobine de hauteur double et de même longueur de fil que l'ensemble des deux premières agissant sur l'un des barreaux.

Travail d'une bobine de hauteur et de diamètre variables sur un barreau donné. Pour arriver à des conclusions plus précises, considérons un barreau déterminé; faisons agir sur ce barreau une série de bobines de même diamètre d et de hauteurs croissantes x , et une autre série de bobines de même hauteur h et de diamètre croissant y ; mesurons le travail dans ces deux séries d'expériences et soient ox , oy , oz trois axes de

coordonnées. Portons sur ox les hauteurs des bobines de diamètre d , sur oy la longueur de fil des bobines de hauteur h . Dans le plan $y=d$, traçons la courbe du travail en fonction de la hauteur x de la bobine; traçons aussi dans le plan $x=h$ la courbe du travail en fonction de la longueur du fil, nous aurons deux courbes qui se coupent au point h, d .

Fig. 13.



Le point h, d définit les dimensions de la bobine, et le z de ce point mesure le travail. Le lieu des courbes ainsi obtenues est une surface dont l'ordonnée représente le travail de l'attraction pour un barreau déterminé. L'expérience n'a donné que deux de ces courbes; nous admettrons, sauf vérification, que des plans parallèles aux zx ou aux zy donneraient dans la surface des courbes respectivement semblables à celles qui ont été directement obtenues.

Traçons maintenant dans le plan xoy (fig. 14) l'hyperbole $xy = c^2$ et considérons le cylindre parallèle à oz , ayant pour base cette hyperbole. Ce cylindre coupe la surface suivant une courbe dont l'ordonnée mesure le travail correspondant à une longueur de fil constante. On reconnaît ainsi que, pour un barreau de 30 centimètres, la hauteur de bobine qui fournit le travail maximum est voisine de 18 centimètres.

Nous savons donc, étant donné un barreau et la longueur du fil qui doit former la bobine, construire celle-ci de façon à obtenir le maximum d'action. Nous avons vu que le barreau devait être pris aussi long que possible; étudions maintenant l'influence de son diamètre.

V. Influence du diamètre du barreau.

Bobines donnant exactement passage au barreau. On a pris quatre barreaux de 3 décimètres de longueur et dont les diamètres étaient en centimètres 0,37, 0,73, 1, 2, et on a fait agir sur ces barreaux des bobines de même longueur de fil et de même hauteur, donnant exactement passage aux divers barreaux mis en expérience; la bobine 1 faisait partie de la série. L'évaluation du travail dû à l'action des bobines sur les barreaux

III.0,37 III.0,73 III.1 III.2

a donné les nombres

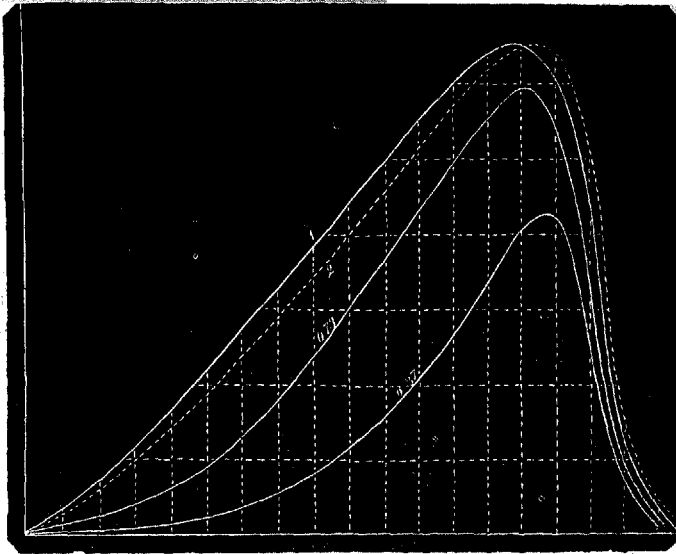
14 24 33 31

On a répété l'expérience en ajoutant à la première bobine la bobine 2.4, de façon que le diamètre de la bobine était grand relativement à celui du barreau, et on a trouvé pour le travail

445 212 324 310

nombres à peu près proportionnels aux précédents et mani-

Fig. 14.



festant une loi semblable. La fig. 14 représente les courbes obtenues dans cette dernière expérience.

Il résulte de là que, pour une bobine de même résistance et de diamètre intérieur égal à celui du barreau, le travail croît avec le diamètre du barreau jusqu'à une certaine limite, puis décroît. Cette limite n'est pas rigoureusement indépendante du diamètre de la bobine; toutefois il paraît inutile d'employer des barreaux dont le diamètre excède 1,5 à 2 centimètres quand le diamètre de la bobine n'est pas supérieur à 10 ou 12 centimètres.

D'après les expériences qui viennent d'être rapportées, il conviendrait de prendre le barreau de 14 millimètres environ de diamètre.

Bobine invariable. Lorsque la bobine est invariable, l'action exercée sur le barreau ne suit plus la même loi. Prenons, par exemple, la bobine 2.3 et mesurons son action sur les trois barreaux II.1, II.2, II.3 de 2 décimètres de long et de 1, 2, 3 centimètres de diamètre, nous obtenons les résultats suivants :

DISTANCES.	ATTRACTIONS.			
	BOBINE 2.3			BOBINE 1.3
	II.1	II.2	II.3	II.1
9	2,25	3,40	5,00	5,30
10	1,50	2,35	3,90	4,20
11	0,80	1,40	1,50	1,50

On voit par là que l'action augmente avec le diamètre du barreau jusqu'à ce qu'il atteigne le diamètre intérieur de la bobine : c'est ce que mettent en évidence les trois premières colonnes du tableau. La quatrième colonne donne les attractions observées sur le barreau II.1, en ajoutant la bobine 1 au circuit et ramenant l'intensité du courant à sa première valeur. La comparaison des nombres de cette colonne avec ceux de la colonne voisine montre que l'action de la bobine 1.3 sur II.1 est plus énergique que celle de 2.3 sur II.3.

Bobine de diamètre extérieur constant. L'influence de la différence du diamètre du barreau et du diamètre intérieur de la

bobine est mise en évidence par les nombres du tableau ci-dessous :

DISTANCES	6	5.6	4.6	3.6	2.6	1.6
45	0,48	0,70	1,82	3,63	6,00	9,60
43	0,20	0,87	2,34	4,78	8,60	14,70
40	0,48	0,87	2,33	4,62	8,45	12,00
8	0,45	0,78	2,08	3,96	7,10	9,20
6	0,40	0,70	1,61	3,03	5,25	6,90

qui représentent l'attraction exercée sur le barreau III.1 par les bobines 6, 5.6, 4.6, 3.6, 2.6, 1.6, l'intensité du courant restant constante. Il est donc très-important qu'il y ait aussi peu de jeu que possible entre le barreau et la bobine.

VI. Influence du diamètre du fil.

Préons trois bobines de même hauteur, de même diamètre intérieur égal à celui du barreau III.1 et de même résistance, construites avec des fils dont les diamètres sont en millimètres :

0,6 1 1,3

Mesurons l'action de ces bobines sur le barreau III.1 et évaluons le travail total, nous trouvons qu'il est représenté par les nombres :

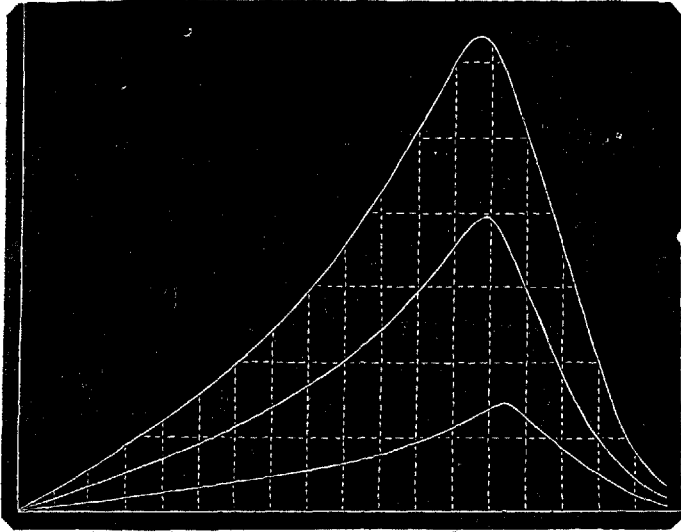
496 542 970

Or les longueurs des circuits formés par ces trois fils sont proportionnelles aux nombres :

36 400 469

Divisons le travail par la longueur du circuit, nous trouvons un nombre sensiblement constant, 5,4. De là, cette conclusion : *Le travail produit est proportionnel à la longueur du circuit, la hauteur des bobines restant constante.* Il est clair que l'on ne doit point *a priori* exagérer cette conséquence, et que l'on doit se borner à en conclure qu'il convient de construire les bobines avec de gros fils. La fig. 15 représente les résultats des expériences faites avec ces trois bobines sur le barreau III.1.

Fig. 15.



Ter se terminent les expériences que j'ai entreprises. Elles ont porté sur les éléments dont il m'a paru nécessaire d'établir l'influence pour éclairer la construction des bobines et des barreaux sur lesquels on les fait agir. Cette étude n'est pas complète assurément, mais elle peut suffire, d'une part, comme base d'expériences sur un genre de moteurs électromagnétiques; d'autre part, comme contrôle à une théorie mathématique de l'action d'une bobine sur un barreau.

DE LA MÉTHODE COMPARATIVE EN ZOOLOGIE

(M. E. Baudelot).

Si fertile que puisse paraître le champ d'étude qui s'offre à l'investigateur, celui-ci ne saurait s'y jeter au hasard, sans autre guide que la fantaisie, attendant l'heure propice qui doit marquer pour lui l'heure de la découverte. La fortune a quelquefois des faveurs inespérées, mais il serait plus que téméraire de vouloir en attendre un succès constant. Si la science renferme de hautes et fécondes vérités, elle les ré-

serve pour celui-là seulement qui sait marcher d'un pas affermi dans les voies sûres de la méthode, pour celui qui, laissant toujours le moins possible à l'imprévu, interroge sévèrement la nature, au lieu d'écouter passivement son langage trop souvent inintelligible. Les instruments de découverte les plus précieux pour le savant, ce sont les procédés de la méthode; ces procédés constituent dans la recherche sa sûreté et sa force; il a besoin d'en connaître la valeur, afin de pouvoir en mesurer les effets.

Les procédés auxquels a recours l'investigateur sont, comme vous le savez, l'analyse, la comparaison, l'induction, l'hypothèse, la synthèse et la déduction. Ces divers procédés peuvent être employés séparément; mais dans les questions d'un accès difficile ils doivent agir de concert, intervenir tour à tour, s'entr'aider, se compléter, concourir, en un mot, au but commun, selon leur nature et la mesure de leur importance. Quelque jour, je l'espère, il me sera donné de pouvoir faire avec vous un examen complet de chacun de ces procédés; mais, pour l'instant, mon cadre est plus restreint, je ne veux point trop m'écarter du but vers lequel doivent tendre nos études, et puisque ce cours a surtout pour objet l'anatomie et la physiologie comparées, je me bornerai aujourd'hui à vous parler de la comparaison et de ses applications à la science zoologique.

Comparer, disent les philosophes, c'est avoir l'esprit attentif à deux objets à la fois, c'est chercher un rapport entre deux ou plusieurs idées. De même que l'attention, la comparaison est toujours sous la dépendance étroite de la volonté; elle est moins, par conséquent, une faculté spéciale de l'entendement qu'un mode d'intervention particulier de l'activité dans le domaine de la connaissance; c'est, pour mieux dire, l'activité elle-même appliquée à une certaine classe d'idées.

Le champ de la comparaison étant immense, infini, devrais-je dire, puisqu'à l'infinité des choses s'ajoute l'infinité de leurs rapports, il ne saurait être question pour nous de poursuivre la comparaison à travers la multitude des problèmes qu'elle peut avoir pour objet de résoudre; mon seul but ici est de tracer quelques grandes lignes, de poser quel-

ques jalons, à l'aide desquels il devienne facile à l'observateur de s'orienter et de reconnaître avec quelque certitude quelle est la marche à suivre dans l'emploi du procédé comparatif.

S'il nous fallait mettre en relief l'importance extrême de la méthode comparative, montrer quel rôle elle a joué, quels ont été ses avantages et ses applications dans chaque ordre de recherches, l'histoire des sciences tout entière serait là pour nous fournir d'imposants témoignages. *

Les mathématiques, dans les relations qu'elles se proposent de découvrir entre les quantités, font un usage incessant de la comparaison. Tout le chapitre relatif à la théorie des figures semblables en géométrie est un des exemples les plus remarquables de l'emploi de ce procédé. La méthode des limites appliquée à la mesure du cercle et à celle des surfaces courbes en général n'est pas autre chose que l'un des modes du procédé comparatif. Comme la méthode des analogues en histoire naturelle, elle a pour but de démontrer l'égalité par la continuité.

En physique, les progrès les plus importants, les découvertes les plus capitales ont eu leur point de départ dans la comparaison. Si l'on remonte, par exemple, à l'origine de la découverte du système des ondulations pour la lumière, il n'est guère douteux que cette découverte n'ait été préparée de longue date par la connaissance du phénomène beaucoup plus simple des ondes sonores; il n'est guère douteux également que l'étude des ondes sonores elles-mêmes n'ait été singulièrement facilitée par la connaissance des phénomènes ondulatoires que l'on voit se manifester à la surface d'un liquide. Après avoir réfléchi, réfracté, polarisé la lumière, les physiciens ont ensuite réfléchi, réfracté et polarisé la chaleur. Avoir étudié l'écoulement des liquides, ils en sont venus par comparaison à étudier l'écoulement des solides. Le procédé employé par Foucault pour mesurer la vitesse de la lumière avait servi déjà à Faraday pour mesurer la vitesse de l'électricité. Le procédé inventé par Pouillet pour déterminer la vitesse des projectiles a servi plus tard à Helmholtz pour mesurer la vitesse de l'influx nerveux. Aujourd'hui, enfin, si tous les phénomènes, en apparence si distincts, du mouvement, de la chaleur, de la lumière, de l'électricité et du

magnétisme tendent à se confondre dans une admirable unité, n'est-il point permis d'affirmer que ces généralisations sont toutes le résultat d'ingénieuses comparaisons.

L'influence de la comparaison sur les progrès de la chimie n'est pas moins manifeste. Cette science toute moderne lui doit ses plus belles conceptions : celle des séries parallèles d'abord, si féconde en résultats, si utile au chimiste comme instrument de découverte ; puis cette autre, beaucoup plus grandiose, bien que restée jusqu'alors à l'état d'hypothèse, la conception de l'unité de la matière.

L'histoire de chaque science abonderait ainsi en exemples pour témoigner de l'importance de la méthode comparative. De même que le naturaliste, l'astronome se laisse en maintes circonstances guider par l'analogie. C'est en s'aidant de la connaissance des phénomènes actuels que le géologue poursuit à travers les âges les transformations de la terre. C'est en comparant entre eux les divers organes d'une même plante que Goethe est arrivé à concevoir cette belle théorie de la métamorphose qui porte son nom. Enfin, c'est en donnant une base plus assurée à la comparaison, par sa méthode des analogues, que notre grand naturaliste, E. Geoffroy Saint-Hilaire, a pu s'élever jusqu'au principe grandiose de l'unité de composition.

Qualités de la comparaison.

Les qualités requises par la comparaison sont au nombre de trois : la justesse, l'étendue et la gradation.

Justesse. Une des qualités fondamentales de la comparaison est la justesse, c'est-à-dire une appréciation exacte du rapport des objets dont il s'agit d'établir la ressemblance ou la différence. Il suffit d'un instant de réflexion pour reconnaître que cette condition ne saurait être remplie à moins d'une connaissance rigoureusement exacte de chacun des termes dont on cherche le rapport. La comparaison suppose donc l'analyse, une analyse minutieuse aussi exacte que possible de chacun des éléments qui doivent faire ensuite l'objet de la comparaison. Précepte bien simple, bien naturel en vérité, mais que trop de savants négligent dans leur trop grand empressement à vouloir généraliser. Combien d'entre

eux, pour avoir omis de se livrer à un examen suffisamment attentif des faits, se trouvent ensuite conduits à établir les rapprochements les moins justifiés !

Étendue. L'attention peut beaucoup, mais point tout. Dans le même ordre de faits, il en est qui se prêtent aisément à l'analyse, d'autres qui s'y refusent pour ainsi dire obstinément ; il faut donc, avant tout, que l'observateur puisse choisir son terrain, et, ce choix, il ne saurait le faire qu'à la condition expresse d'avoir à sa disposition un nombre aussi considérable que possible d'exemples de même nature, mais d'un caractère assez différent pour que de leur simple rapprochement les difficultés inhérentes à certains d'entre eux arrivent à disparaître. De là, pour la comparaison, la nécessité d'une étendue suffisante, étendue qui naturellement devra se mesurer sur celle des faits que l'on se propose d'étudier. S'agit-il simplement de fixer les caractères d'une espèce, il peut suffire de placer en regard de cette espèce les espèces les plus voisines. S'agit-il de l'étude d'un organe, d'un appareil ou d'une fonction, la comparaison doit s'étendre à l'ensemble des individus qui possèdent cet organe, cet appareil ou cette fonction. S'agit-il enfin d'une propriété générale de tissu, d'une loi morphologique ou autre, il peut devenir nécessaire pour le savant de sortir de son domaine habituel, de franchir les limites de sa propre science et d'aller chercher ses preuves dans des sciences voisines. Les exemples particuliers qui vont suivre pourront servir à préciser les idées que je viens d'énoncer sous une forme générale.

(La suite au prochain numéro.)

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES
DE STRASBOURG.

DE LA MÉTHODE COMPARATIVE EN ZOOLOGIE

(M. E. Baudelot).

(Suite ¹.)

Supposons, en premier lieu, qu'il s'agisse de faire une étude de la soie. — Un naturaliste pourra choisir de préférence cette chenille si répandue, que tout le monde connaît, dont la soie fournit la matière de nos plus riches étoffes, la chenille du *Bombyx mori*. Nul doute qu'un examen approfondi des organes producteurs de la soie dans cette espèce et des éléments que ces organes renferment ne soit de nature à fournir des résultats du plus haut intérêt. Mais combien cet intérêt ne serait-il pas accru si, au lieu de se borner à l'examen de ce seul type, l'observateur étendait ses recherches à tout l'ordre des Lépidoptères, à certains Coléoptères (l'Hydrophile par exemple), également apte à fournir une matière soyeuse, enfin à toute la classe des Arachnides. Le byssus de certains mollusques (*Mytilus*, *Pinna*) constitue aussi une sorte de soie, et il en possède tous les principaux caractères; l'étude de cette production, de ses propriétés, de son mode de formation ne saurait donc être négligée et serait de nature à fournir des points de comparaison très-importants. Enfin, parmi les Éponges, il est certaines espèces dont les tissus renferment des filaments d'une substance particulière offrant avec la soie la plus grande analogie; l'étude de ces filaments et des conditions requises pour leur développement entrerait également avec avantage dans le cadre d'une étude comparative sur la matière soyeuse.

¹ Voir notre dernier numéro.

Bien que d'une certaine étendue, la question qui vient de nous occuper n'offre encore à la comparaison qu'un champ relativement assez limité; à ceux auxquels la science est déjà familière, je pourrais apporter une multitude d'autres exemples qui, en raison de leur caractère de plus grande généralité, exigeraient pour la comparaison un degré d'extension beaucoup plus considérable. Telle est, entre autres, la question relative aux mouvements du protoplasma.

Le protoplasma est cette matière plastique, semi-fluide, qui constitue l'un des éléments fondamentaux de toute cellule, soit animale, soit végétale. Dans certaines conditions encore mal déterminées, cette substance présente une série de mouvements moléculaires très-énergiques, mais dont la cause extrêmement complexe est restée jusqu'alors fort obscure. Ces mouvements du protoplasma ont été observés chez des êtres appartenant à tous les degrés de l'échelle animale. Ils ont été constatés dans les globules du sang, dans les globules du pus, dans le vitellus de l'œuf du Brochet au début de l'incubation, dans les noyaux des cellules spermatiques de quelques Gastéropodes, dans le tissu des infusoires, dans celui des Spongiaires, des Amibes, des Rhizopodes, et dans une foule d'autres cas encore qu'il serait trop long d'énumérer. — A ne considérer que l'abondance des faits, on serait donc porté à croire que le champ ouvert à la comparaison doit être d'une étendue plus que suffisante, sans qu'il soit nécessaire de franchir les limites de l'animalité. Ce serait là pourtant une grave erreur, car les exemples les plus remarquables peut-être, les plus fructueux pour l'intelligence des faits, se trouvent précisément dans le règne végétal. Les mouvements si curieux du plasmodium des Myxomycètes, ceux des Chara et des Nitella, des Tradescantia et des Hydrocharis, sont des exemples trop connus pour qu'il soit nécessaire de faire ressortir toute l'importance de leur étude. — Ce n'est point tout encore, ces courants moléculaires dont le protoplasma est le siège, constituent un phénomène qui paraît dépendre de lois physiques autant que de lois physiologiques; il pourrait donc y avoir utilité à chercher quelque terme de comparaison parmi les mouvements moléculaires dont l'étude appartient à la physique pure. — Cet exemple pourra suffire, je pense, à montrer jusqu'où peut s'étendre la comparaison et combien l'étude

d'un seul phénomène peut exiger de connaissances générales.

Si l'étendue constitue l'une des qualités fondamentales de la comparaison, rien pourtant de plus ordinaire que de voir les savants faillir à cette règle élémentaire. La science fourmille d'erreurs, qui toutes ont pour principe un défaut d'étendue suffisante dans la comparaison. Ne pouvant vous présenter ici tous les exemples qui s'offrent à ma mémoire, je me bornerai à faire choix de deux d'entre eux qui serviront à vous montrer jusqu'où peut aller quelquefois l'oubli des principes, même chez des esprits de la trempe la plus philosophique.

Le premier de nos exemples sera emprunté à l'anatomie comparée. Il s'agit de ces petites pièces qui, chez les Cyprins, les Loches et les Silures, se trouvent en rapport avec les premières vertèbres, pièces désignées sous le nom d'*osselets de Weber*, en l'honneur du savant qui en fit la découverte. Weber, comme on le sait, avait considéré ces pièces comme des osselets de l'ouïe; Geoffroy, se fondant sur le principe de l'unité de composition établi par lui, ne voulut y voir autre chose que des branches de vertèbres ou des côtes modifiées; mais il ne put parvenir à donner une démonstration de l'hypothèse qu'il avançait. Dans la Carpe, sujet de la discussion, il y avait en effet impossibilité de rattacher les osselets en question aux premiers corps vertébraux, sans s'écarter du plan normal de la vertèbre. La difficulté pourtant était loin d'être insurmontable, elle résultait simplement de l'absence de toute comparaison. Chose singulière! Weber, Geoffroy, Cuvier et d'autres anatomistes d'alors, qui prirent part au débat, sembleraient presque s'être donné le mot pour n'examiner que ce seul et même type, la Carpe. Or, s'il est entre tous les Cyprins un type défavorable à la solution du problème, c'est bien celui-là. Chez la Carpe, en effet, il y a une cause d'erreur inévitable, à savoir: la fusion du corps des deuxième et troisième vertèbres en une vertèbre unique, fusion tellement intime qu'il est absolument impossible de la soupçonner. Cette cause d'erreur disparaît d'elle-même en faisant porter l'examen sur quelques autres types de Cyprins. Chez la Tanche, la Brème, par exemple, on voit cette vertèbre, qui correspond à la seconde chez la Carpe, s'allonger un peu et revêtir les caractères

d'une double vertèbre. Chez le Nase, cette seconde vertèbre se trouve complètement dédoublée, et dès lors il devient facile d'assigner à chacun des osselets de Weber sa véritable signification.

Second exemple! En étudiant quelques Hélix, Gratiolet découvrit un jour dans l'intérieur de la poche copulatrice de petits animalcules pourvus de cils vibratiles à l'une de leurs extrémités. De ce simple fait grossi par l'imagination, il crut pouvoir bientôt déduire toute une théorie nouvelle de la reproduction chez les Gastéropodes. Les animalcules en question étaient des spermatozoïdes en voie de métamorphose; l'auteur avait vu la queue se raccourcir, la tête se munir d'un cil vibratile; des chiffres même étaient apportés à l'appui. Bref, tout bien pesé, bien examiné, les prétendus spermatozoïdes n'étaient autre chose que des infusoires du groupe des Monadiens. La plus simple comparaison, poursuivie sans idée préconçue, eût permis d'éviter aisément une telle méprise. Chez l'Arion, la Limace, le Lymné, le Planorbe, la Doris etc., jamais la poche copulatrice ne renferme d'animalcules comme chez les Hélix, les spermatozoïdes se conservent avec tous leurs caractères dans cet organe, et, bien loin de venir y achever leur développement, on les voit, au contraire, s'y décomposer souvent au bout d'un temps assez court.

Des faits qui précèdent il résulte avec évidence que l'étendue est non-seulement une qualité, mais encore une nécessité de la comparaison. Ne point en tenir compte, ce serait vouloir de plein gré s'exposer aux plus graves mécomptes. Ici, néanmoins, se présente une objection. La comparaison, me direz-vous, exige l'étendue; soit! mais, en revanche, n'y a-t-il point certaines limites imposées à cette étendue? Est-il donc possible, à propos d'un tissu, d'un organe ou d'une fonction, de faire chaque fois une revue complète de toute la série animale ou de la série végétale? La faiblesse de nos facultés, j'en conviens, aussi bien que la brièveté de la vie, s'opposent en effet à ce que nous puissions embrasser dans tous les détails qu'ils comportent non-seulement les deux règnes organiques, mais même l'un d'eux; cependant, grâce à la méthode admirable qui a été introduite dans le groupement des êtres vivants, ceux-ci se trouvent répartis aujourd'hui en un certain nombre de grandes familles naturelles

dont la connaissance générale n'est point au-dessus des forces du savant. Ce serait donc ici le lieu de vous montrer les avantages de ce qu'on appelle *la classification* ; mais, comme cette question importante doit être traitée plus loin avec tous les détails qu'elle comporte, je crois, Messieurs, pouvoir clore cette discussion relative à l'étendue de la comparaison par cette dernière réflexion dont je voudrais pouvoir graver le souvenir dans votre mémoire : *pour bien comprendre une seule chose, il faut savoir une infinité d'autres choses* ; avant d'être un savant, il faut d'abord être un érudit.

Gradation. Outre ces deux qualités fondamentales, la justesse et l'étendue, la comparaison en exige encore une troisième, également de grande importance : la gradation. En vain se flatterait-on d'atteindre la vérité par le rapprochement successif d'un nombre considérable de faits ; si ces faits ne sont point groupés avec méthode, enchaînés suivant un certain ordre logique, la comparaison, loin de nous conduire au but, peut au contraire avoir pour effet de nous égarer. Pour être appliquée avec tout le succès désirable, la comparaison doit s'efforcer d'établir dans la suite des idées une gradation telle que l'on puisse passer de l'une à l'autre sans effort et en conservant tout le degré de certitude désirable. S'agit-il, par exemple, de formes organiques, d'états physiologiques très-différents, mais dont la similitude est soupçonnée, il faut s'efforcer de découvrir entre les termes extrêmes que l'on considère des termes de passage, des états intermédiaires qui conduisent de l'un à l'autre par degrés insensibles. Plus les transitions seront nombreuses, la gradation convenablement ménagée, plus aussi le degré de certitude sera grand. Tel est, en quelques mots, tout le secret de la méthode des analogues établie par E. Geoffroy Saint-Hilaire. Si simple que puisse paraître ce principe de la gradation appliqué à la méthode comparative, rien cependant de plus ordinaire que de le voir négligé dans la pratique. Geoffroy lui-même, en développant ses vues relatives à l'unité de composition, s'est montré plus d'une fois infidèle à ses propres principes. — Lorsque, par exemple, au sujet des pièces operculaires, il cherche à établir que ces pièces sont les homologues des osselets de l'ouïe, où a-t-il vu des os de forme et de position intermédiaires à ceux dont il suppose la similitude ? Nulle part. — Quand, ail-

leurs, il avance que l'épine pectorale des Silures n'est autre chose que l'os coracoïdien des autres poissons sorti des chairs, a-t-il vu sur certains types un déplacement graduel de cet os vers l'extérieur? pas davantage. — Lorsque, pour obtenir les épines dermales (rayons natatoires) des poissons, il a recours à une prétendue division longitudinale des épines interneurales et interhœmales (os interépineux) et à un déplacement de l'une des moitiés qu'il fait glisser de dedans en dehors pour la transporter au sommet de l'autre, signale-t-il des cas intermédiaires où l'on voit d'abord les deux moitiés de l'os interépineux chevaucher l'une sur l'autre avant de se placer bout à bout? Non, il procède par sauts brusques dans ses comparaisons, et manquant des preuves fournies par la gradation, il tombe dans le domaine de la pure hypothèse.

Ainsi que Geoffroy, M. Owen n'a point toujours observé non plus d'une manière suffisante le principe de la gradation lors de l'établissement de certaines homologues; ainsi lorsque, chez les poissons, il admet que l'appendice rayonnant (radius, cubitus, métacarpe et rayons de la nageoire pectorale) du membre antérieur et celui du membre postérieur (rayons de la nageoire abdominale) sont les homologues des appendices surcostaux, sa comparaison pêche par le manque de gradation. En vain a-t-il recours à l'exemple du Lépidosiren, chez lequel l'appendice rayonnant du membre antérieur se trouve représenté en entier par un seul rayon, cela ne suffit point pour valider son hypothèse, car : 1^o ce rayon est articulé; 2^o il est extérieur; 3^o il est implanté sur l'os coracoïde que M. Owen considère non comme une pleurapophyse (côte), mais comme une hœmapophyse. Tout appendice surcostal, au contraire, 1^o est dépourvu d'articulations; 2^o est intérieur; 3^o s'implante sur une côte. On se trouverait donc conduit ainsi à admettre l'homologie de deux organes qui diffèrent tout à la fois par leur forme, par leur structure et par leurs connexions, c'est-à-dire par l'ensemble de leurs caractères.

Après avoir montré où peut conduire l'absence de gradation dans la comparaison, qu'il me soit permis à présent de faire voir par quelques exemples comment l'application de ce principe peut nous faciliter l'intelligence de certains rapports, qui autrement risqueraient fort de nous échapper.

Le premier de ces exemples sera emprunté à la morphologie. Nulle part, en effet, la gradation n'acquiert plus d'importance que dans cette branche de la zoologie. Les changements qui se manifestent dans la forme, dans la structure et dans les connexions d'un même organe sont, en effet, quelquefois si considérables que toute comparaison directe deviendrait souvent impossible si l'on ne s'attachait à découvrir un certain nombre de formes intermédiaires, suffisamment graduées, pour fournir une base solide à l'interprétation.

Voici l'exemple en question; il s'agit du vomer des poissons :

Le vomer des poissons est un os mince, lamelleux, muni de dentelures articulaires à son bord postérieur, souvent hérissé de dents sur sa face inférieure, un os enfin dont tous les caractères diffèrent autant que possible de ceux qui appartiennent aux corps vertébraux. Tous les anatomistes, néanmoins, s'accordent pour regarder ces deux sortes de pièces comme étant parfaitement homologues. Le pourquoi? le voici : Déjà, chez quelques espèces de poissons (*Silurus, Fistularia*), on voit les corps des premières vertèbres se réunir entre eux au moyen de sutures dentelées. — Ce mode de suture par engrenement s'observe d'une façon constante entre l'os occipital basilaire et le sphénoïde basilaire, lesquels sont incontestablement des corps vertébraux. — L'aplatissement du vomer est un caractère qui lui est commun avec le sphénoïde basilaire et qui appartient déjà aussi quelquefois à l'occipital basilaire. — La présence de dents à la face inférieure du vomer n'a point lieu d'une manière constante. — La position du vomer à la base du crâne, au devant du sphénoïde basilaire et dans le prolongement de l'axe des corps vertébraux, autorise enfin à considérer le vomer, le sphénoïde et les corps des vertèbres comme des termes correspondants d'une même série.

Voici maintenant un second exemple emprunté au système nerveux des poissons :

Chez le Merlan, on voit naître du nerf pathétique, tout près de son origine, une branche qui se porte en haut et en dedans pour se répandre dans les enveloppes du cerveau. Cette branche, dont j'ai le premier signalé l'existence, n'a été constatée jusqu'ici chez aucun autre vertébré. Je pose donc à un anatomiste cette question : quelle est cette branche? Les ré-

ponses pourront varier ; mais, cependant, je pourrais presque affirmer à l'avance qu'elles porteront à faux, si cet anatomiste ne possède déjà une connaissance approfondie de la disposition des nerfs bulbaires chez un certain nombre de poissons. Là, en effet, se trouve la clef de la question. L'étude du pneumogastrique, par exemple, nous apprend que ce nerf, comme les autres nerfs spinaux, possède une branche postérieure ; que cette branche peut offrir, soit dans son volume, soit dans son mode de distribution, des différences très-considérables ; que, tantôt très-développée, elle traverse les parois du crâne pour se distribuer à la peau ; que, tantôt plus grêle, elle se perd dans les enveloppes de l'encéphale ; que tantôt, enfin, elle peut s'atrophier et disparaître. Ce moyen terme suffit donc à lui seul pour lever toute incertitude. La branche postérieure du pathétique est évidemment l'homologue de la branche postérieure des nerfs spinaux.

L'exemple suivant pourra servir à démontrer que la gradation n'est pas d'une utilité moindre en physiologie qu'en morphologie.

On sait que chez les mammifères la lésion de certaines portions de l'encéphale entraîne à sa suite des mouvements particuliers, soit de manège, soit de rotation autour de l'axe. Ces deux espèces de mouvements ont été longtemps considérés par les physiologistes comme constituant deux ordres de phénomènes entièrement distincts. La liaison intime que l'on observe entre ces deux sortes de mouvements chez certains poissons, l'Épinoche par exemple, la transformation possible et graduelle de l'un dans l'autre, conduit à admettre avec certitude que le mouvement de rotation autour de l'axe n'est qu'une forme exagérée du mouvement en manège.

Tout ce qui vient d'être dit en vue de faire ressortir les avantages de la comparaison gradative peut servir à nous faire comprendre toute la portée des études embryologiques. Qu'est-ce, en effet, que le développement embryonnaire d'un animal ? Une métamorphose continue, un changement graduel, insensible, dans la forme, dans la structure, dans les rapports des différentes parties. Or telle est la nature de ce changement, que tout s'y tient, tout s'enchaîne, et qu'un état qui précède renferme toujours l'explication de celui qui vient après.

Pour terminer ces considérations relatives à la gradation, il me reste maintenant à vous parler de deux formes bien distinctes sous lesquelles la gradation peut se manifester à l'observateur.

Supposons d'abord une suite de termes, tels que $[a_1^{xyz}, a_2^{x'y'z}, a_3^{x'y'z'}, a_4^{x'y'z''}]$, dans lesquels a_1, a_2, a_3, a_4 , représentant un même organe en voie de se modifier, $(xyz), (x'y'z), (x'y'z')$, placés en exposants, indiquent ses changements de forme, de structure et de connexion. Il suffit d'un simple coup d'œil jeté sur cette série pour reconnaître qu'elle est parfaitement graduée. Les deux termes extrêmes : a_1^{xyz} et $a_4^{x'y'z''}$, n'ont plus aucun caractère commun, mais les termes intermédiaires $a_2^{x'y'z}, a_3^{x'y'z'}$, qui servent à les relier, sont constitués de telle sorte que l'on voie les caractères de $a_4^{x'y'z''}$ s'y manifester peu à peu à mesure que disparaissent les caractères de a_1^{xyz} . Ce mode de gradation peut donc être distingué par cette expression : *gradation en série continue*.

Supposons, en second lieu, une suite de termes, tels que $[a_1^{xyz}, a_2^{x'y'z}, a_3^{x'y'z'}, a_4^{x'y'z''}, a_5^{x'y'z'''}]$. Comme dans l'exemple précédent, le premier et le dernier terme offrent des caractères entièrement différents, mais ~~ici les termes intermédiaires~~, au lieu de revêtir de plus en plus les caractères du dernier terme, n'empruntent jamais qu'un seul de ses caractères, mais de manière pourtant à les offrir tous successivement. Or, si l'on fait la somme des variations observées dans les termes $a_2^{x'y'z}, a_3^{x'y'z'}, a_4^{x'y'z''}$, on voit que l'on obtient toutes les variations contenues dans le dernier terme $a_5^{x'y'z'''}$, et cette condition est suffisante pour établir la similitude de a_1^{xyz} et de $a_5^{x'y'z'''}$. Comme la transition de a_1^{xyz} à $a_5^{x'y'z'''}$ n'a point lieu par voie de série proprement dite, mais en combinant entre elles toutes les variations des termes intermédiaires, la gradation peut être appelée : *gradation par somme de caractères*. Sans offrir un degré d'évidence aussi absolu que la gradation en série continue, ce mode de gradation artificiel suffit néanmoins pour assurer à la comparaison toute la certitude désirable; je pourrais même ajouter que c'est à lui que devra recourir le plus souvent l'observateur, faute de pouvoir rencontrer fréquemment dans la nature des séries convenablement graduées.

Des fondements rationnels de la comparaison en histoire naturelle.

Les phénomènes de la nature, aussi bien que leurs rapports, se présentant à l'observation en nombre presque infini, il en résulte pour l'investigateur un champ de comparaison presque sans limite, dans lequel il risquerait fort de s'égarer s'il ne prenait pour guide quelques grands principes susceptibles de devenir pour lui autant de jalons conducteurs marquant avec quelque certitude la route qu'il doit suivre pour atteindre le but qu'il se propose.

Ces principes, que le naturaliste ne saurait jamais perdre de vue, sont au nombre de trois; à savoir: l'unité, la variété et la continuité dans les phénomènes de la nature.

Unité. Pour tout observateur attentif, il est un fait qui se révèle à chaque pas dans l'étude des êtres vivants, je veux parler de cette tendance de la nature à se répéter, à se copier sans cesse jusque dans ses moindres productions, à rester fidèle, en un mot, au grand principe de l'unité, tout en satisfaisant aussi largement que possible au besoin de la diversité. Cette tendance générale de la nature a reçu des zoologistes un nom particulier, celui de *loi des répétitions*. Les exemples ne nous feront point défaut. L'organisme mâle et l'organisme femelle, si distincts en apparence, offrent la correspondance la plus parfaite jusque dans ces parties elles-mêmes où la similitude paraîtrait ne pouvoir être soupçonnée. Dans l'oiseau, l'insecte, le poisson, le mammifère etc., la moitié droite du corps est la reproduction fidèle de l'autre moitié. Le corps d'un Myriapode est une suite d'anneaux similaires placés bout à bout; le corps d'une Astérie, d'un Oursin, un ensemble de segments identiques groupés autour d'un centre commun. Tout être vivant, enfin, n'est que l'assemblage de cellules répétées en nombre indéfini et diversement modifiées. D'autre part, si des faits nous passons aux lois qui les régissent, nous pouvons constater que les lois morphologiques sont les mêmes pour le vertébré, pour l'annelé, pour le mollusque ou le rayonné, qu'elles le sont également pour l'animal et pour le végétal. La soudure, l'atrophie, le dédoublement, le balancement organique, la fixité

des connexions sont des procédés communs aux deux règnes. Les lois de la phyllotaxie se retrouvent dans quelques Crinoïdes et dans les Corallaires. La tératologie végétale tout entière semble n'être qu'un chapitre emprunté à la tératologie animale.

Tous ces exemples de répétition, qui sont une conséquence directe de la loi d'unité, sont autant d'appuis rationnels pour le naturaliste dans la voie expérimentale. Il peut en conclure avec certitude que dans la nature rien n'est isolé; quel que soit l'objet de ses études, il peut d'avance être assuré que les faits sur lesquels portent ses recherches ne sont point des faits accidentels, sans liens avec d'autres faits; mais, au contraire, des vérités se rattachant à d'autres vérités de même ordre qu'il doit s'efforcer de connaître. Une conviction forte et réfléchie de l'unité des lois naturelles paraît donc indispensable pour donner à la comparaison une tournure synthétique, c'est-à-dire pour lui assurer un caractère de grandeur et de véritable élévation.

Variété. La variété presque sans bornes de la nature est un fait dont chacun a pu se convaincre si souvent que je croirais inutile de m'y arrêter, si je n'avais à bien faire comprendre comment cette variété peut devenir l'un des appuis les plus fermes de la comparaison.

Tout être vivant, animal ou végétal, peut varier à l'infini, au point de vue soit de sa substance, soit de sa forme, soit des forces qui mettent en jeu ses organes. Les variations de la substance (variations dans la nature, dans le nombre, dans les proportions des principes élémentaires) peuvent se manifester non-seulement d'une espèce à l'autre, mais encore dans le même individu aux différentes époques de son existence. De là, par conséquent, des nuances presque infinies dans les propriétés physiques et chimiques des animaux suivant l'âge et suivant l'espèce: certains mollusques (Firoles, Salpa), les Acalèphes et les Siphonophores, une multitude d'animaux inférieurs, possèdent des tissus dont la transparence est comparable à celle du cristal; l'Hydre verte, la Bonellie verte, le Microstomum viridis, les Stentors et beaucoup d'infusoires renferment de la chlorophylle en plus ou moins grande abondance; les Ascidies contiennent de la cellulose. Certains animaux (Méduses, Rhizopodes) sont d'une mollesse extrême, d'une consistance géla-

tineuse ou semi-fluide ; d'autres (Actinies, Spongiaires) possèdent des tissus coriaces, extrêmement résistants. Pour savoir jusqu'où peut aller la variété des formes et des couleurs, il suffit d'avoir jeté un coup d'œil sur une collection d'oiseaux, d'insectes ou de mammifères. L'anatomie comparée, enfin, nous apprend que ces variations de forme ne se trouvent point limitées seulement aux organes extérieurs, mais qu'elles affectent également les parties profondes et les plus déliées de l'organisme. Et si maintenant je voulais m'étendre sur la diversité des fonctions ! Que de nuances non moins innombrables ! que de différences dans la durée de l'existence, dans la rapidité de l'accroissement, dans le degré de résistance vitale, dans les habitudes, dans le mode de vivre, de se nourrir, de se reproduire, de se mouvoir etc. ? Telle espèce, comme la Salamandre, l'Écrevisse, est apte à reproduire une portion de son corps, un membre tout entier après son ablation ; telle autre, comme les Planaires, l'Hydre d'eau douce, peut être mutilée, coupée en morceau, chaque parcelle pouvant ensuite continuer à vivre ; telle autre enfin, comme les Anguillules et les Tardigrades, peuvent être desséchées, conservées indéfiniment et rappelées ensuite à la vie. Je me borne à signaler le phénomène de l'engourdissement, de l'hibernation, qui appartient à quelques espèces. Combien d'espèces périssent rapidement en captivité, tandis que d'autres la supportent aisément ! Un serpent, un poisson peuvent vivre un temps considérable sans prendre de nourriture ; un mammifère, un oiseau périssent très-promptement. Que d'insectes vivent sur des végétaux dont la substance serait un poison violent pour d'autres animaux !

Ces exemples suffiront pour faire comprendre de quel secours une telle variété dans les moyens peut être pour le physiologiste aussi bien que pour l'anatomiste. Les problèmes dont s'occupe la physiologie ne sont pas de même nature que ceux qui appartiennent à la physique et à la chimie. Le chimiste, le physicien expérimentent, et ils peuvent régler à volonté les conditions de leurs expériences ; le physiologiste expérimente aussi, mais il doit subir avant tout les conditions que la nature lui impose ; il peut lui être facile, par exemple, de couper un nerf, de lier un vaisseau chez un mammifère ; la chose devient impossible ou à peu près à l'é-

gard d'un mollusque, d'un insecte ou d'une annélide; et, ce que je dis ici, je pourrais le répéter dans cent autres circonstances. Grâce, toutefois, à ces aspects variés sous lesquels la nature se présente à l'expérimentateur, pour lui se trouvent réalisées une multitude d'expériences dont la tentative eût pu sembler chimérique, ou qui même n'eussent jamais pu être soupçonnées. Une expérimentation impossible se trouve ramenée aux conditions d'une simple observation. Ainsi se trouve, dans la variété, le second fondement de la comparaison.

Continuité. De même que l'unité, de même que la variété, la continuité paraît être une loi inhérente à la nature organique. *Natura non facit saltum*, tel est le principe que tendent à mettre en évidence toutes les études entreprises soit en zoologie, soit en anatomie comparée. Il suffit de s'être occupé quelque peu d'entomologie, d'ichthyologie ou d'ornithologie, pour savoir à quel point les espèces peuvent se nuancer et se fondre les unes dans les autres. Ces transitions se manifestent non-seulement d'espèce à espèce, de genre à genre, de famille à famille, ~~mais d'un ordre à un autre ordre, d'une classe à une autre classe, d'un règne à un autre règne.~~ Les Lépidosiren offrent un mélange aussi complet que possible des caractères du poisson et du batracien; les Seps, les Bipes, les Orvets forment une série de types intermédiaires entre les Sauriens et les Ophidiens; l'Ornithorhynque, l'Échidné possèdent des caractères rappelant à la fois ceux de l'oiseau et ceux du mammifère; les Volvox, les Euglènes, les Monades, les Amibes établissent un passage insensible du règne animal au règne végétal. Là même où la continuité semble faire défaut, la paléontologie a pu maintes fois en retrouver la trace dans des types depuis longtemps éteints. L'Archæoptérix (oiseau pourvu d'un prolongement vertébral caudiforme), récemment découvert dans les schistes de Solenhofen, constitue un type d'oiseau plus voisin des reptiles qu'aucun de ceux de l'époque actuelle; l'Hipparion, dont les restes appartiennent à l'époque tertiaire, forme un passage très-naturel entre les solipèdes et les fissipèdes. Mais, sans vouloir aller chercher nos preuves aussi loin, les modifications progressives que nous voyons s'accomplir dans l'embryon pendant le cours de son développement, les changements qui s'opèrent

dans l'adulte pendant toutes les phases de son existence, ne sont-ce pas là encore des témoignages aussi manifestes que possible de la loi de continuité? La gradation dans les idées constituant, comme nous l'avons vu, l'une des qualités logiques essentielles du procédé comparatif, on comprend comment la loi de continuité peut être considérée comme l'un des fondements de la comparaison¹.

Si les lois de l'unité, de la variété et de la continuité constituent les fondements rationnels de toute comparaison, il est indispensable que le zoologiste s'habitue de bonne heure à envisager la nature sous ces trois points de vue différents : de là, pour lui, la nécessité d'étendre le cercle de ses études dans une triple direction.

L'idée de la variété est celle qui s'acquiert le plus rapidement et le plus aisément; elle surgit d'elle-même, pour ainsi dire, de chacune de nos observations, pourvu que celles-ci

¹ Ce n'est pas seulement dans les sciences biologiques, mais encore dans les sciences physiques et mathématiques que les considérations relatives à la continuité sont de haute importance.

Lorsqu'un géomètre, en vue de déterminer la surface du cercle, part de la considération d'un polygone inscrit ou circonscrit à la circonférence, puis que, multipliant à l'infini le nombre des côtés de ce polygone, il conclut des propriétés constatées sur le polygone à celles du cercle, que fait-il, sinon un raisonnement fondé sur l'idée de continuité. — Il en est de même de tout résultat obtenu par la méthode des limites.

Ce qui donne une si grande importance à l'étude de ce qu'on appelle l'état naissant en chimie, c'est aussi la considération du principe de continuité.

Pour donner une idée de l'importance qu'a acquise tout récemment en physique le principe de continuité, nous allons citer ici un passage extrait d'une conférence de M. Th. Andrews sur la continuité des états liquides et gazeux* : « Les états gazeux et liquide ordinaires, dit-il, ne sont, au fond, que des formes largement séparées d'un même état matériel, et ils peuvent passer de l'un à l'autre par une série de gradations si douces que le passage ne présente, en aucun point, d'interruption ni de solution de continuité. »

Si la continuité des états liquide et solide de la matière n'a point encore été démontrée, nul doute cependant qu'on n'arrive par la suite à en fournir la preuve. Les expériences de Tresca sur l'écoulement des solides constituent déjà un point de ressemblance établi entre les propriétés physiques des liquides et celles des solides.

* *Continuité des états liquides et gazeux*, par M. Thomas Andrews, de la Société royale de Londres (*Revue des cours scientifiques*, 9 avril 1870).

comprennent un nombre de faits suffisant. L'étude approfondie de quelque groupe zoologique est le moyen le plus efficace d'obtenir une idée nette de la variété des formes extérieures, une recherche d'anatomie comparée le meilleur moyen de se faire une idée exacte des variations qui se manifestent dans les organes intérieurs.

Les convictions relatives au principe de l'unité impliquant de la part du savant des connaissances générales et une certaine foi scientifique, qui d'ordinaire ne peut s'acquérir qu'au prix de longues méditations, ces convictions risqueraient de ne s'établir que très-tardivement, si l'on ne prenait soin d'offrir à l'entendement certains sujets capables par leur nature de développer rapidement ce qu'on appelle l'*esprit philosophique*. L'étude des homologues poursuivie dans les divers embranchements aura pour effet de nous conduire infailliblement vers ce but, surtout si l'on veut prendre la peine de tenter soi-même quelque effort dans cette direction. Toutefois, comme l'unité ne saurait nous apparaître qu'à travers la variété, il me paraît indispensable de s'arrêter longuement d'abord sur ce qu'on peut appeler les *lois de la variation* (division du travail, arrêts de développement, balancement organique, atrophie et hypertrophie, soudure et dédoublement etc.). Ce n'est qu'en voyant la variété elle-même soumise à des règles que l'on peut obtenir de fortes convictions relativement à l'unité.

Quant à l'idée de la continuité, elle nous sera suggérée de la façon la plus nette par les études embryogéniques et par celles de morphologie comparée. L'étude approfondie de certains groupes naturels, où se rencontre à un très-haut degré la filiation des types, pourrait aussi conduire aux mêmes résultats. — Comme on le voit, pour assurer à son esprit un juste équilibre et pour lui donner toute sa fécondité, le zoologiste doit faire tous ses efforts afin d'explorer au moins rapidement toutes les branches de sa science.

Des degrés dans la comparaison.

La comparaison peut être dite d'un degré plus ou moins élevé, selon la nature du rapport qu'elle se propose de découvrir. S'agit-il, par exemple, d'établir une relation entre des faits d'une grande simplicité, de comparer deux objets

au point de vue de la couleur, de la forme ou de l'étendue, cette relation pouvant être acquise par l'observation directe, la comparaison pourra être considérée comme étant du degré le plus simple ou du premier degré. D'autre part, supposons que la comparaison d'un certain nombre d'objets ait conduit à une certaine expression générale, puis que la comparaison d'un certain nombre d'autres objets ait conduit à une seconde expression de même nature; en comparant entre elles ces deux expressions, il sera possible d'arriver à une nouvelle expression plus générale, laquelle pourra être dite du deuxième, du troisième, du quatrième degré etc., suivant le caractère de généralité des deux expressions dont le rapprochement aura été effectué. C'est en agissant ainsi par comparaisons successives, c'est-à-dire en dirigeant l'attention sur des abstractions d'un ordre de plus en plus élevé, que le savant parvient à s'élever par degrés des lois les plus simples aux lois les plus générales. Un résultat scientifique a d'autant plus d'importance qu'il dérive d'une comparaison d'un ordre plus élevé; les rapports les plus simples, ceux que l'on peut appeler du premier degré, chacun peut les constater, et c'est dans ce cercle étroit que s'agitent les observateurs vulgaires. Quant aux rapports d'un degré supérieur, il n'appartient qu'aux esprits méditatifs de pouvoir les saisir. Une certaine sagacité naturelle, une certaine puissance d'abstraction développée par l'habitude, telles seront toujours les qualités qui feront les grands observateurs.

Quel que soit l'intérêt qui s'attache à l'étude des faits particuliers, on ne saurait donc perdre de vue que cette étude doit toujours être conduite de manière à nous assurer la possession de faits plus généraux, sans lesquels la science ne serait plus, ce qu'on la définit, la connaissance organisée.

S'il restait quelques doutes sur la manière de comprendre notre pensée, les explications qui vont suivre pourront servir à les dissiper.

(La suite au prochain numéro.)

BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES
DE STRASBOURG.

DE LA MÉTHODE COMPARATIVE EN ZOOLOGIE

(M. E. Baudelot).

(Suite ¹.)

Lorsque nous mettons en regard deux insectes d'espèce différente, lorsque nous constatons que chez eux la couleur n'est point la même, que le nombre des articles des tarses est différent, que les ailes sont plus longues ou plus courtes etc., la comparaison est ici d'une simplicité extrême, elle aboutit à une simple constatation de propriétés physiques, elle se confond pour ainsi dire avec l'observation elle-même. Tout homme dans le cours de son existence est appelé à chaque instant à faire des comparaisons de cette nature, et cela, il faut en convenir, sans songer le moins du monde à prendre l'épithète de savant. La vraie science, en effet, vise plus haut.

Supposons, en second lieu, que nous cherchions à comparer entre elles les vertèbres dans toute la longueur de l'axe vertébral; ce genre de comparaison homologique peut être considéré comme étant d'un degré supérieur au précédent. Il se peut, il est vrai, que le parallèle établi entre deux vertèbres prises en deux points très-rapprochés l'un de l'autre, de deux vertèbres dorsales par exemple, ou de deux vertèbres lombaires, n'offre guère plus de difficulté que la comparaison entre deux insectes d'espèce différente; mais si la comparaison se trouve étendue à l'ensemble des vertèbres, y comprises les vertèbres crâniennes, il ne suffira plus, pour asseoir la

¹ Voir les nos 6 et 7.

comparaison, de se borner à constater des ressemblances ou des différences de caractères ; l'esprit devra intervenir, il faudra commencer par chercher une expression générale de la vertèbre, et cela en tenant compte de certains principes (principe des connexions, principe de la variabilité des formes, principe du balancement organique etc.); cette expression une fois obtenue et étant envisagée comme une constante, il faudra, pour tout segment vertébral, s'efforcer de poursuivre la réalisation de cette constante.

En définitive, ce n'est donc plus pour ainsi dire entre les objets eux-mêmes, mais entre des abstractions, que la comparaison se trouve établie. Il est presque superflu de faire remarquer que la difficulté d'obtenir ces abstractions est souvent très-considérable, par suite des perturbations introduites dans les effets des causes générales par les influences secondaires.

Au lieu de comparer entre elles les parties homologues d'un seul et même système organique, la comparaison peut s'établir entre des systèmes organiques de nature différente, ~~par exemple entre le système osseux et le système musculaire~~, entre le système osseux et le système nerveux etc. Dans ce cas, la comparaison ne pouvant s'effectuer qu'avec le concours de la synthèse, les résultats se distingueront d'ordinaire par une hauteur de vue et un caractère d'élévation tout particuliers. Entre organes d'une nature entièrement différente, il est clair, en effet, qu'il ne saurait plus être question de saisir certaines ressemblances ou dissemblances dans les propriétés physiques, mais bien de découvrir certaines lois similaires dont l'une étant connue peut servir à refléter sur l'autre une lumière inattendue ; de faire, en un mot, ce que font les chimistes quand ils ont recours à l'emploi des séries parallèles : perdre de vue la constante pour se préoccuper uniquement des lois de la variation.

Quelques exemples auront l'avantage de mieux faire saisir ma pensée.

Supposons donc qu'une étude approfondie du squelette des poissons m'ait amené à reconnaître que ce squelette est formé d'une suite de segments homologues qui se répètent d'une extrémité du corps à l'autre. Supposons encore que, cette étude ayant été faite, je passe à celle du système musculaire.

Si, malgré de nombreuses variations, je viens à constater une correspondance manifeste entre la disposition des pièces osseuses et celle des muscles qui s'y insèrent, je me trouverai conduit tout naturellement à admettre que la loi de répétition qui s'applique au squelette s'applique également aux muscles; en d'autres termes, que le principe d'unité reconnu valable à l'égard du système osseux doit l'être aussi à l'égard du système musculaire. S'il me fallait apporter quelque preuve pour établir la valeur de semblables considérations, je dirais que c'est en me fondant sur elles que j'ai pu, il y a quelques années, donner une interprétation satisfaisante, je crois, de ces muscles désignés par Cuvier sous le nom de *muscles grêles supérieurs et inférieurs du tronc*. J'ai été amené à reconnaître par des vues de comparaison parallélique que ces faisceaux musculaires, considérés jusque-là comme des muscles distincts, ne sont autre chose que les muscles des rayons natatoires modifiés dans leur direction et soudés entre eux d'une façon très-intime.

La comparaison du système vertébral avec le système nerveux cérébro-spinal chez les poissons serait également de nature à fournir des résultats du plus haut intérêt. Afin de mieux faire apprécier la nature de ces résultats, je vais essayer ici de mettre en regard les faits sur lesquels ils s'appuient.

L'axe vertébral est composé d'une suite de pièces plus ou moins similaires: les vertèbres. Dans toute la portion moyenne du tronc, les vertèbres se répètent avec une assez grande uniformité; en arrière, au voisinage de la région caudale, elles diminuent graduellement de volume; en avant, dans la région céphalique, elles subissent un accroissement et des modifications considérables pour former la boîte crânienne. Chez quelques poissons, les vertèbres les plus voisines du crâne présentent des modifications qui sont pour ainsi dire le prélude de celles qui vont s'effectuer dans la région céphalique. Ainsi, chez les Cyprins, on observe une soudure plus ou moins intime entre quelques-unes des premières vertèbres. Cette soudure s'étend davantage chez les Silures, et dans quelques poissons de ce dernier groupe on voit les premières vertèbres se confondre avec la vertèbre occipitale. Chez quelques Siluroïdes, chez les *Fistularia*, on constate entre les corps des premières vertèbres des sutures dentelées sem-

blables à celle qui se manifeste entre l'occipital et le sphénoïde basilaires. Enfin, chez les Cyprins, on trouve au niveau des trois premières vertèbres, entre les branches de l'arc supérieur, un os intercrural, qui correspond évidemment à l'occipital supérieur.

Nous allons maintenant voir se reproduire dans le système nerveux une suite de faits entièrement analogues.

Dans toute la portion moyenne du tronc, la moelle conserve un volume à peu près uniforme; les paires nerveuses, régulièrement espacées, conservent une grande symétrie; vers l'extrémité postérieure, la moelle diminue rapidement de volume et s'effile de manière à se terminer en pointe; les paires nerveuses y perdent souvent de leur régularité. En avant, la moelle se renfle considérablement pour former l'encéphale; les paires nerveuses ont subi des modifications considérables. Entre la moelle et le cerveau se trouve une région intermédiaire, la moelle allongée (bulbe rachidien), qui établit pour ainsi dire la transition entre ces deux organes. Le volume de la moelle allongée est supérieur à celui de la moelle inférieure à celui du cerveau. En arrière, la moelle allongée s'étale pour former un ventricule (4^e ventricule). Sur sa face postérieure existent quelquefois des renflements (lobes du pneumogastrique, lobule médian des Cyprins) dont le volume peut égaler celui des lobes du cerveau. Quant aux paires nerveuses, elles possèdent des caractères mixtes qui les rapprochent à la fois des nerfs spinaux et des nerfs cérébraux proprement dits. Quelquefois même l'irrégularité se manifeste déjà, dans les premières paires spinales elles-mêmes, par le fait de l'avortement plus ou moins complet de l'une des deux racines antérieure ou postérieure.

Voilà donc entre la disposition du squelette vertébral et celle du système nerveux cérébro-spinal une correspondance manifeste et qui peut servir de point de départ à de légitimes inductions. Si j'ai reconnu, par exemple, que l'étude approfondie des premières vertèbres peut être d'un très-grand secours pour bien comprendre les vertèbres crâniennes, je comprendrai que dans une étude de l'axe nerveux cérébro-spinal le bulbe, qui forme la transition de la moelle au cerveau, devra fixer longtemps et tout particulièrement mon attention; que c'est là que je pourrai trouver la clef de ces nombreux

changements qui se manifestent plus loin dans les nerfs et dans les lobes du cerveau. L'unité de composition du système vertébral étant admise, je serai porté à admettre l'unité de composition du système cérébro-spinal, j'en conclurai qu'entre les nerfs spinaux et les nerfs cérébraux il ne saurait y avoir une différence essentielle, ou que cette différence est moindre en tout cas que celle que semblerait devoir faire admettre la physiologie expérimentale.

On voit, par ce qui précède, comment la comparaison de deux systèmes différents peut conduire à des rapprochements du plus haut intérêt.

Or ce que je viens d'établir ici relativement aux poissons, je pourrais l'établir avec non moins d'avantages à l'égard d'autres types, les articulés par exemple. En comparant entre elles les lois qui régissent le mode d'organisation du squelette extérieur, du système nerveux, du vaisseau dorsal, des appareils respiratoires, reproducteurs etc., il serait possible de saisir des correspondances non-seulement d'un haut intérêt pour la spéculation philosophique, mais encore d'une grande utilité au point de vue de la recherche.

~~C'est à ce genre de comparaison tout philosophique qu'est~~ due la découverte de ces grandes vérités naturelles connues en biologie sous les noms de : loi de la division du travail, loi du balancement organique, loi des arrêts de développement etc., de ces lois, en un mot, qui constituent les fondements de la morphologie comparée aussi bien dans le règne végétal que dans le règne animal.

Quand je parle des degrés de la comparaison, il va sans dire que ces degrés ne sont point tranchés comme ceux d'une équation et qu'ils ne sauraient l'être. Si donc je me suis servi de cette expression, c'est moins en vue de classer rigoureusement les résultats de la comparaison que pour faire comprendre l'extrême importance qu'il y a toujours pour l'investigateur, à se placer sur un terrain élevé, s'il veut arriver à des inductions d'un ordre supérieur.

Du double caractère de la comparaison.

Quels que soient les objets auxquels s'applique la comparaison, le but de celle-ci, en définitive, est toujours de nous faire saisir entre ces objets quelque rapport, soit de ressemblance, soit de dissemblance. Bien que dans la pratique la connaissance de l'un de ces rapports entraîne souvent celle de l'autre, on peut néanmoins, en se plaçant à un point de vue purement théorique, distinguer pour ainsi dire deux sortes de comparaison : l'une, que l'on pourrait appeler *comparaison analytique*, laquelle s'attache exclusivement à l'étude des différences ; l'autre, que l'on pourrait désigner du nom de *comparaison synthétique*, faisant abstraction des différences pour ne considérer que les ressemblances.

Comparaison analytique. En dirigeant exclusivement notre attention vers l'étude des caractères différentiels, la comparaison analytique nous permet de constater une multitude de faits particuliers dont l'importance peut, du reste, varier entre des limites fort étendues. C'est par elle que nous saisissons ces innombrables caractères qui servent à distinguer les espèces les unes des autres, c'est par elle également que nous parvenons à connaître jusque dans leurs moindres détails les variations qui se manifestent soit dans la disposition des organes intérieurs, soit dans les fonctions qui leur sont dévolues. La comparaison analytique, ayant pour but non d'unir, mais de séparer, non de grouper, mais d'isoler, peut, à la vérité, avoir pour résultat de nous suggérer une idée assez nette de la variété presque infinie de la nature, mais à cela se borne tout son rôle philosophique ; étrangère à toute vue d'ensemble, elle resterait à jamais impuissante pour nous dévoiler à elle seule le plan merveilleux de la création, et pour nous conduire à ces conséquences générales qui sont l'une des plus brillantes conquêtes de la comparaison synthétique.

Comparaison synthétique. En négligeant les différences pour ne s'attacher qu'aux rapports de similitude, la comparaison synthétique constitue l'un des procédés les plus efficaces de la méthode d'investigation, elle devient la base de toute induction et de toute généralisation. En parcourant l'histoire des sciences on pourra aisément se convaincre qu'elles ne pro-

gressent qu'à la condition de négliger l'élément variable des choses dont elles s'occupent et d'en considérer exclusivement l'élément invariable et constant. Tant qu'elles se bornèrent à ne considérer que la partie variable des objets mesurables, les mathématiques eurent leur époque d'incertitude et de tâtonnement; mais du jour où Thalès ou quelque autre, négligeant la partie variable et n'envisageant que la partie constante des triangles équilatéraux, eut démontré la propriété essentielle du triangle équilatéral, ce premier pas ouvrit la carrière, et peu à peu la science mathématique se constitua. Quand plus tard également, par l'introduction du système des coordonnées, Descartes eut fourni aux géomètres un procédé aussi simple que fécond de traduire en langage général tous les problèmes de la géométrie, cette dernière se trouva subitement transformée et prit un essor rapide inconnu jusque-là. Admirons le génie et la patience de Kepler, mais n'oublions point que, s'il parvint à donner la formule du mouvement des planètes, il le dut en partie à l'imperfection des instruments d'alors, imperfection qui eut pour conséquence de lui faire négliger les perturbations planétaires, c'est-à-dire l'élément variable des orbites qu'il calculait. Quand a commencé pour la chimie cette ère de progrès rapides qui, en quelques années, ont suffi presque à la transformer? lorsque, cessant d'envisager les propriétés particulières des corps composés, le chimiste concentra son attention vers l'étude des rapports des groupes chimiques. Et, à cette heure, si la physique nous étonne par la grandeur de ses conceptions, si la lumière, la chaleur, l'électricité, le magnétisme paraissent n'être qu'une même force transformée, si cette force unique semble n'être elle-même que du mouvement, comment expliquer un pareil ensemble de découvertes autrement que par ce fait : que les savants se sont attachés à saisir le côté commun de phénomènes étudiés jusque-là isolément. Enfin, et pour ne point omettre la science biologique, quels progrès n'ont point été réalisés en botanique et en zoologie depuis l'introduction de la théorie si féconde de l'unité de composition? Comme on le voit, c'est toujours sous l'influence de la comparaison synthétique que les sciences ont subi une transformation rapide et qu'elles ont marché vers l'unité.

Quelle que puisse être, au point de vue du résultat final, la

supériorité de la comparaison synthétique sur la comparaison analytique, il ne saurait entrer dans ma pensée assurément de vouloir limiter l'investigation à l'emploi exclusif du premier de ces procédés. Ainsi que je l'ai dit déjà, les deux genres de comparaison ne sauraient guère être séparés dans la pratique; mais, en outre, et ici comme en toutes choses, un sage éclectisme peut seul, en tenant l'esprit dans un juste équilibre, lui assurer le degré de force nécessaire pour faire face à tous les genres de difficultés. Telle question réclame la synthèse, telle autre l'analyse, sachons donc diversifier nos moyens selon le but qu'il nous faut atteindre, sachons, selon les circonstances, appliquer ici la comparaison analytique, là la comparaison synthétique.

Du but et des avantages de la comparaison.

Les avantages de la comparaison sont extrêmement nombreux. Sans avoir ici la prétention de vouloir faire une revue complète des cas très-divers auxquels elle peut s'appliquer, ~~je vais essayer d'établir quelques divisions qui permettront de se faire une idée assez nette du but vers lequel doit tendre la méthode comparative.~~ Je me propose donc de démontrer :

1^o Que la comparaison est un moyen de simplification des problèmes, et par conséquent un véritable procédé analytique;

2^o Qu'elle est nécessaire pour l'intelligence et l'interprétation des faits particuliers;

3^o Qu'elle est un procédé d'élimination et d'abstraction.

1^o *La comparaison est un moyen de simplification des problèmes.* Quiconque a l'habitude des recherches scientifiques sait parfaitement combien d'entraves, combien d'obstacles surgissent à chaque pas pour arrêter le cours de l'investigation. Ici la petitesse extrême ou les dimensions trop grandes des objets, la mollesse ou la dureté, l'opacité ou la transparence excessive des tissus, la complexité ou l'union trop intime des organes; là, l'irrégularité, la lenteur ou la marche trop rapide des phénomènes; ailleurs, la position inaccessible des parties sur lesquelles il s'agit d'expérimenter, obstacles trop souvent insurmontables et devant lesquels échouent

la patience et l'habileté les mieux éprouvées. Que d'efforts ont été tentés pour élucider la structure des centres nerveux chez l'homme ! Que d'efforts également pour pénétrer le mystère de la génération ! Le succès, comme on le sait, est loin d'avoir toujours répondu aux espérances que l'on avait conçues. Que faire en pareil cas ? Redoubler d'efforts ? labeur bien souvent inutile ! Mieux vaut imiter le voyageur qui, ne pouvant gravir le sommet d'une montagne par ses pentes les plus abruptes, cherche un sentier détourné, bien long parfois, il est vrai, bien difficile encore, mais qui pourtant finit par le conduire sûrement au terme du voyage ; mieux vaut encore imiter le géomètre qui, ayant à mesurer la distance de deux points inaccessibles, a recours à l'emploi de figures semblables et découvre par ce subterfuge des rapports qui lui eussent échappé autrement. En un mot, il faut, au lieu de chercher à rompre l'obstacle, chercher à le tourner au moyen de la comparaison. La nature est si riche, si variée, du reste, qu'elle nous offrira presque toujours quelque issue, pourvu que nous voulions résolûment nous mettre en quête de la découvrir. Grâce à cette variété presque sans bornes sur laquelle nous avons appelé l'attention précédemment, chaque phénomène peut se présenter à l'observateur sous une multitude de faces différentes, d'où résulte pour lui la possibilité de choisir son terrain et de se placer dans les conditions les plus favorables pour atteindre le but qu'il se propose. La pratique des sciences peut seule faire apprécier à sa juste valeur toute l'étendue des ressources offertes par la variété. Pour profiter de ces ressources, un savoir très-étendu est naturellement nécessaire ; mais, en outre, il faut aussi un certain tact scientifique ; car d'un choix plus ou moins judicieux dépend d'ordinaire tout le succès de l'investigation.

Il ne me sera point difficile d'apporter des exemples à l'appui de ce qui précède.

Le premier sur lequel je veux m'arrêter est relatif à l'influence du système nerveux sur les mouvements respiratoires des insectes. Un zoologiste français, M. Faivre, avait tenté de résoudre cette question par la voie expérimentale. De ses recherches il avait cru pouvoir conclure que chez les insectes le principe d'action des mouvements respiratoires se trouve localisé dans le troisième ganglion métathoracique. Ce ré-

sultat physiologique, fort peu en harmonie du reste avec ce que nous savons du mode d'organisation des animaux articulés, avait été obtenu sur un coléoptère, le Dytisque. Or, si vous examinez cet insecte, vous reconnaîtrez aisément qu'il n'était guère propre au genre d'expérimentation pour lequel il avait été choisi. Le corps est muni de téguments cornés extrêmement résistants; les ganglions de la chaîne ventrale sont très-peu espacés, et, pour atteindre cette chaîne, l'opérateur se trouve dans la nécessité d'agir par la région dorsale, procédé qui nécessite des lésions considérables et doit amener infailliblement un trouble profond dans la fonction respiratoire. — M'étant proposé de vérifier les résultats mentionnés par M. Faivre, je reconnus bien vite quels obstacles j'avais à surmonter; je compris qu'au lieu de m'évertuer à faire des prodiges d'adresse sur le Dytisque, mieux valait chercher à découvrir quelque autre type moins défavorable à l'expérimentation. Ce qu'il fallait, c'était un insecte d'assez grande taille, d'un degré de vitalité suffisant, dont les téguments ne fussent point par trop résistants, dont les ganglions fussent largement espacés, dont les mouvements respiratoires enfin fussent aisément appréciables. La larve de la Libellule m'ayant offert toutes ces conditions, l'expérience put être réalisée sans difficulté et permit de démontrer d'une façon irrécusable que le ganglion du métathorax ne jouit d'aucune propriété spéciale indépendamment des autres centres nerveux.

Voici maintenant un second exemple emprunté à la fonction génératrice des mollusques gastéropodes :

On sait que chez les gastéropodes il existe une glande hermaphrodite dans laquelle naissent à la fois les ovules et les spermatozoïdes. Ces deux ordres de produits, avant de parvenir jusqu'à l'oviducte d'une part et jusqu'à la gouttière déférente d'autre part, doivent cheminer d'abord ensemble dans un canal commun, le conduit efférent. Néanmoins, quelle que soit l'époque à laquelle on examine un Hélix, un Arion, une Limace, un Lymné ou un Planorbe, jamais on ne parvient à découvrir un seul ovule mélangé avec la liqueur spermatique dans l'intérieur du conduit efférent; aussi la question a-t-elle été longtemps agitée de savoir si les ovules et les spermatozoïdes suivent réellement la même voie; quelques auteurs

avaient même imaginé l'existence de deux conduits invaginés servant, l'un au passage des ovules, l'autre au passage des spermatozoïdes; mais le fait était loin d'avoir été démontré. Si, d'autre part, au lieu de se borner à l'examen de types terrestres ou d'eau douce, on examine certains types marins, tels que les Doris, les Éolis ou les Pleurobranches, l'embaras s'évanouit comme par enchantement, par cette circonstance que chez ces animaux on rencontre d'ordinaire dans le conduit efférent, ou bien dans ses ramifications, une multitude d'ovules mélangés intimement avec les spermatozoïdes. Je pourrais ainsi multiplier à volonté les exemples dans lesquels le succès de la recherche s'est trouvé assuré par un choix convenable du sujet d'expérience.

S'agit-il, par exemple, de suivre les premières phases du développement d'un mollusque gastéropode, les œufs des Hélix, dont la coque calcaire est opaque, sont tout à fait impropres à ce genre d'observation, tandis que les œufs des Lymnés, des Planorbes, des Doris, des Éolis, dont la coque est parfaitement transparente, se prêtent admirablement à ce genre d'étude. — Dans son mémoire sur l'évolution des araignées, ~~Mr. Claparède avoue qu'après de longues et infructueuses tentatives~~, il ne dut le succès de ses recherches qu'à la découverte des œufs du *Pholcus opilionides*, dont la coque est douée d'une grande transparence.

2^o *La comparaison est nécessaire pour l'interprétation et l'intelligence des faits particuliers.* Si la comparaison peut être d'un très-grand secours au point de vue de l'acquisition des faits, elle n'est pas d'une utilité moindre lorsqu'il s'agit de comprendre ces faits en eux-mêmes. Tout se tient, tout s'enchaîne dans la nature, une vérité n'est jamais complètement isolée, et il est toujours possible de découvrir quelque autre vérité à laquelle elle se rattache. Or, dans une foule de cas, telle question ne saurait être bien comprise qu'après telle autre souvent fort éloignée de celle dont la recherche nous occupe. C'est là une vérité dont il est bon de se pénétrer, si l'on ne veut s'exposer bien souvent à dépenser beaucoup de temps en pure perte et à bâtir de vaines théories dont le désaccord avec des vérités plus générales eût suffi de prime abord pour nous en démontrer la fragilité.

Chaque point de la science pourrait nous offrir des exemples de ces relations qu'ont entre elles des questions en apparence souvent fort éloignées. Je vais en présenter ici quelques-uns.

Quoi de plus singulier que les métamorphoses d'un Ténia ! quoi de plus étonnant que ces états successifs sous lesquels cet animal se présente : comme simple embryon d'abord au sortir de l'œuf, puis comme ver vésiculaire ou cysticerque, puis comme scolex, puis comme strobila ou chaîne d'animaux sexués ! — Qui n'aurait étudié que des Ténias ne comprendrait absolument rien à tous ces changements par lesquels doit passer un même animal pour parcourir toutes les phases de son évolution. La comparaison des Ténias avec les autres Cestoïdes, puis des Cestoïdes avec les Trématodes, pourrait bien apporter quelque lumière, mais ne suffirait point encore pour élucider la question. Pour le naturaliste, au contraire, celui du moins qui s'est familiarisé avec l'ensemble du règne animal, ces phénomènes si bizarres en apparence cessent d'être aussi surprenants ; ils s'expliquent par deux ordres de phénomènes plus généraux : le bourgeonnement et le polymorphisme, que l'on retrouve sous une forme beaucoup plus intelligible chez les Acalephes, les Polypomédusaires, les Molluscoïdes et dans beaucoup d'autres types où se rencontre le phénomène si curieux de la génération alternante.

Une des raisons qui rendent la comparaison si nécessaire pour l'interprétation des faits particuliers, c'est la pluralité des causes d'où peut résulter un même effet. Le pourquoi se comprendra aisément à l'aide d'un exemple emprunté à la géométrie. — Soit un cercle : cette figure, d'après la définition ordinaire, est une surface limitée par une courbe dont tous les points sont également distants d'un point appelé *centre*. Mais, pour le géomètre, le cercle est autre chose encore : il peut être considéré comme la limite d'un polygone inscrit ou circonscrit à la circonférence ; il peut être considéré également comme la limite d'une ellipse dont la distance des foyers tend à devenir nulle. Or, quand un cercle est donné isolément, rien n'indique sous lequel de ces points de vue divers il doit être envisagé, ce point de vue étant subordonné à la question dans laquelle le cercle entre comme élément.

Ce que je viens de dire du cercle peut s'appliquer à une

multitude de faits en histoire naturelle. — Bien rarement ces faits portent en eux-mêmes leur complète explication. Un fait pris isolément a presque toujours son explication dans d'autres faits qui offrent avec lui une certaine liaison et dans lesquels les tendances de la nature se révèlent avec plus ou moins de clarté. L'étude de ces tendances, pour bien comprendre un cas déterminé, doit donc être la constante préoccupation du naturaliste. — Je précise ma pensée par des faits :

Un organe bilobé peut être le résultat de la soudure incomplète de deux organes contigus, ou bien, au contraire, le résultat de la division d'un organe primitivement simple. La comparaison seule, dans un cas donné, peut nous apprendre laquelle de ces deux manières de voir doit être acceptée. D'autre part, un organe simple peut l'être dès l'origine ou bien le devenir par le fait de la soudure de deux ou plusieurs organes simples. C'est encore à la comparaison qu'il appartient de nous guider en pareille circonstance. Chez la Carpe, par exemple, il y a soudure avec réduction des corps de la deuxième et de la troisième vertèbre, et la fusion est tellement intime que rien ne pourrait laisser soupçonner l'existence de deux corps vertébraux. La comparaison de la Carpe avec d'autres Cyprins conduit à reconnaître aisément cette soudure. Chez quelques-uns de ceux-ci la vertèbre composée, au lieu de rester égale aux vertèbres voisines, les surpasse en dimensions dans le sens antéro-postérieur, ce qui permet déjà de soupçonner l'existence d'un corps de vertèbre multiple. Chez d'autres Cyprins, on voit apparaître vers le milieu de la vertèbre composée une cavité articulaire rudimentaire. Dans le Nase, enfin, la vertèbre composée est complètement dédoublée, et l'on constate deux corps vertébraux ordinaires séparés par une large cavité articulaire.

3° *La comparaison est un procédé d'abstraction et d'élimination.* En négligeant la partie variable des phénomènes pour n'envisager que les rapports de similitude qu'ils présentent, la comparaison agit comme méthode d'élimination et d'abstraction, elle permet de saisir les rapports nécessaires des choses; elle conduit, en un mot, à la découverte des lois.

Un exemple fera aisément saisir ma pensée. A cet effet, je vais prendre l'un des grands appareils physiologiques, celui de la respiration, et tâcher d'en poursuivre l'examen d'une manière comparative dans toute l'étendue de l'échelle animale.

Pour le physiologiste qui n'aurait étudié l'appareil respiratoire que chez un mammifère, le Chien par exemple, l'idée de fonction respiratoire resterait associée dans son esprit à cet ensemble d'organes qui s'appellent le poumon, les bronches, la trachée etc.; il ne concevrait point l'acte respiratoire indépendamment de cet appareil très-compiqué. Il en serait à peu près de même s'il eût étudié l'appareil respiratoire d'un oiseau. Mais si, au lieu de se borner à l'examen de ces types élevés, il parcourt au contraire la série des vertébrés, s'il passe aux reptiles, aux batraciens, il voit l'appareil respiratoire se modifier considérablement; l'appareil bronchique et trachéen disparaît peu à peu, le poumon se simplifie, ses lobules deviennent moins nombreux, et son tissu, au lieu d'une masse spongieuse, ne forme plus qu'un sac plus ou moins cloisonné à l'intérieur. Tel est le cas des Tortues et des Serpents. Chez la Grenouille et la Salamandre, la simplification est portée plus loin encore, le poumon n'étant plus qu'une poche à parois vasculaires dépourvue de cloisons à l'intérieur. Si donc l'on admet comme un axiôme de physiologie comparée cette proposition: que l'élément essentiel d'une fonction ne peut disparaître qu'avec la fonction elle-même, il résultera évidemment des faits qui précèdent que la forme compliquée du poumon, telle qu'on la rencontre chez les mammifères, les oiseaux, les reptiles supérieurs, n'est point un élément nécessaire de l'appareil respiratoire.

En descendant aux poissons, nous pouvons faire un pas de plus. Chez les animaux de ce groupe non-seulement l'appareil respiratoire présente une disposition nouvelle, mais de plus le rapport établi entre la surface respiratoire et le fluide respirable se trouve complètement interverti. L'air, en effet, pénètre à l'intérieur du poumon, tandis que l'eau, véhicule de l'air, baigne seulement la surface extérieure de la branchie. Preuve donc que la manière dont s'établit le rapport entre l'organe et le fluide respirable n'est pas non plus un élément essentiel de la fonction respiratoire.

Si maintenant nous passons aux invertébrés, nous voyons se reproduire les mêmes faits que chez les animaux à vertèbres. Chez les insectes, nous trouvons des trachées, organes tubuleux destinés à charrier l'air jusqu'aux extrémités du corps. Les arachnides nous offrent des poumons et des trachées, les crustacés des branchies, les mollusques des branchies ou des sacs pulmonaires. D'où résulte pour nous avec un surcroît d'évidence que la forme de l'appareil respiratoire n'est qu'un élément tout à fait secondaire relativement à la fonction considérée en elle-même.

Le groupe des annélides mérite de fixer davantage notre attention. Beaucoup de ces animaux possèdent des branchies, mais chez un certain nombre d'entre eux, les sangsues, les vers de terre, par exemple, ces organes disparaissent, et il devient impossible de découvrir aucun organe spécial pour la respiration. Nul doute cependant que la respiration n'ait lieu, car la privation d'air ne tarde pas à amener la mort. Ici l'observation a permis d'établir que c'est la peau seule qui est chargée de l'acte respiratoire. De là, pour nous, la nécessité d'admettre que dans certains cas la fonction respiratoire peut ~~manquer d'un appareil spécial et s'exercer par~~ l'intermédiaire d'organes adaptés à d'autres usages. D'où encore cette autre conséquence : puisque la peau est capable d'effectuer le travail de la respiration, il est clair qu'elle doit renfermer l'élément fondamental de tout appareil respiratoire, ce *nescio quid* qui constitue l'essence soit du poumon, soit de la branchie. Examinons, cherchons, nous devons arriver à découvrir entre la peau, la branchie et le poumon un élément commun. Cet élément commun, fondamental, l'anatomie nous l'a fait connaître : c'est une membrane vasculaire.

Sommes-nous au terme de la comparaison ? Pas encore. Prenons un Polype d'eau douce, un Infusoire cilié : ces animaux respirent, comme l'expérience le prouve, et ils respirent aussi par la peau ; mais comment cette peau est-elle organisée ? ressemble-t-elle à celle d'un ver ou d'une sangsue ? Non : c'est une simple membrane dépourvue de vaisseaux. Ainsi donc l'élément vasculaire que nous avons pu croire d'abord indispensable à la constitution de l'appareil respiratoire ne l'est pas en réalité ; le seul élément qui paraisse vraiment nécessaire, c'est une membrane organique perméable,

et nous pouvons formuler cette proposition : la fonction respiratoire consiste dans un rapport établi entre les liquides de l'organisme et le fluide respirable au moyen d'une membrane perméable, ou, en d'autres termes, c'est un phénomène d'endosmose.

Remarquons pourtant que cette formule elle-même peut être simplifiée davantage. Le Polype, l'Infusoire cilié possèdent une membrane extérieure ; mais l'Amibe, le Rhizopode, qui respirent aussi, ne sont plus qu'une masse de protoplasma dépourvue de toute membrane limitante. L'élément membraneux supposé nécessaire ne l'est donc point, et nous arrivons en dernier lieu à cette expression de la fonction respiratoire : la respiration consiste dans un rapport intime établi entre un tissu vivant et le fluide respirable. Ainsi que l'a démontré la science moderne, c'est en effet un simple phénomène de diffusion gazeuse.

Considérée comme méthode d'élimination, la comparaison est un moyen de découvrir les relations qui existent entre certains phénomènes et leur cause. Voyons comment :

~~La cause, a dit un logicien célèbre, Stuart Mill, est la~~ somme des conditions positives et négatives d'un phénomène ; conservons cette définition et, afin qu'il nous soit plus aisé d'en faire ressortir les conséquences, traduisons-la dans un autre langage ; exprimons-la au moyen de la formule $e = [f(x) + f_1(y) + f_2(z) \dots]$, dans laquelle e , désignant un effet quelconque $[f(x) + f_1(y) + f_2(z) \dots]$, indique la somme des influences qui concourent à sa production.

Supposons maintenant que nous ayons à résoudre le problème suivant :

Un appareil physiologique (A) est composé des parties (a, b, c, d, k) et l'effet complexe produit par l'ensemble de ces parties est égal à ($e + e'$) ; déterminer quel est la cause de l'effet partiel e' .

(La suite au prochain numéro.)

manque le No 9.

N° 10. — DÉCEMBRE 1870. — 3^e ANNÉE.

Publié en novembre 1871.

BULLETIN

DE LA

SOCIÉTÉ DES SCIENCES NATURELLES

DE STRASBOURG.

DE LA MÉTHODE COMPARATIVE EN ZOOLOGIE

(M. E. Baudelot).

(Fin¹.)

Ce résultat me permet donc de prévoir que ce n'est pas en me dirigeant du côté des Ables, mais vers le Barbeau, voisin du Goujon, et vers la Carpe, voisine du Cyprin doré, que j'aurai chance de rencontrer un maximum d'accroissement. Or, ce que j'avais prévu, l'observation le confirme. C'est, en effet, dans la Carpe et dans le Barbeau que le faisceau f^2 , en rapport avec le lobule médian du bulbe, atteint son maximum d'accroissement et qu'il devient le plus facile d'en reconnaître les origines. — Inutile d'ajouter que pour étudier chacun des faisceaux f et f^1 , il me faudrait suivre une marche semblable à celle que je viens de tracer relativement au faisceau f^2 .

N'est-il pas évident que toute recherche de la nature de celle qui précède serait complètement impossible pour quiconque n'aurait point déjà une connaissance suffisamment approfondie de la classification des poissons ?

Je viens de montrer quels avantages la comparaison peut trouver dans les classifications déjà établies ; quelques réflexions à ce sujet me paraissent encore nécessaires.

Une classification ne renferme que ce que l'on y a introduit ; elle peut être considérée comme un recueil de faits plus ou moins étendu, mais dans lequel existe toujours forcément un certain nombre de lacunes. Pour qu'une classification

¹ Voir les nos 6, 7, 8 et 9.

fût parfaite, il faudrait que la science fût faite; jusque-là elle est condamnée, comme celle-ci, à subir de nombreux remaniements et à parcourir une voie de progrès indéfini. Mais en dehors même de considérations de cette nature, si l'on réfléchit aux conditions d'établissement d'une classification, si l'on songe qu'elle ne peut être formée que par voie d'abstraction, il est évident qu'elle se trouve dans l'impossibilité de tenir compte d'une multitude de faits qui, dans chaque recherche spéciale, seraient pour l'observateur de la plus grande utilité. Si donc, au point de vue de la recherche, nos classifications actuelles sont un guide fort utile, il ne faut point perdre de vue qu'elles ne sont et ne sauraient être qu'un guide.

Des systèmes de classification considérés dans leurs rapports avec la comparaison. Un fait qui n'est point douteux, c'est que nos jugements dépendent essentiellement de la manière dont nous classons nos idées; des objets semblables groupés de façons différentes feront naître en nous des points de vue différents, selon l'ordre qui leur aura été assigné. Certains modes de classement doivent donc être préférables à d'autres relativement à l'usage que l'on peut en faire, soit dans la spéculation, soit dans la pratique. Pour qu'une classification donnée soit avantageuse, il faut que les objets qu'elle embrasse non-seulement concordent entre eux par quelque caractère, mais encore qu'ils concordent entre eux précisément par les circonstances qui importent le plus pour le but théorique ou pratique que l'on a en vue. En d'autres termes, les classifications doivent être appropriées au but, c'est-à-dire qu'elles doivent embrasser les propriétés qui peuvent faciliter l'intelligence de l'objet d'une recherche donnée ou celles qui sont le plus étroitement liées à la propriété particulière sur laquelle portent nos investigations. Comme on le voit, tel ou tel système de classification n'est donc pas chose indifférente relativement aux résultats de la comparaison.

Si, d'abord, nous comparons entre elles sous ce rapport les classifications naturelles et les classifications artificielles, nous voyons que ces deux sortes de classifications jouissent l'une et l'autre d'avantages très-différents.

La classification naturelle, ayant comme objectif de mettre

en relief le degré de parenté réel des types organisés, doit prendre en considération l'ensemble des caractères en se fondant sur la valeur de chacun d'eux. La subordination des caractères, voilà son principe. Or si ce mode de groupement offre l'avantage incontestable de pouvoir nous renseigner exactement sur le degré d'affinité qui existe entre tel ou tel type, d'autre part il laisse forcément dans l'ombre une foule de caractères secondaires que l'induction a le droit de soupçonner, mais sur lesquels elle ne saurait se prononcer qu'après constatation. En outre, comme, par suite de l'indépendance qui se manifeste dans le perfectionnement des divers organes, il y a toujours impossibilité de disposer les individus dans un ordre sérial qui puisse convenir à la fois à tous les systèmes d'organes, il en résulte que dans le cas d'une recherche particulière l'ordre naturel n'est pas toujours celui qui convient le mieux pour mettre en évidence certains rapports particuliers importants à connaître.

Les classifications artificielles, en se bornant à la considération d'un seul caractère ou d'un très-petit nombre de caractères choisis à volonté, ne nous renseignent que d'une manière très-imparfaite sur les affinités réelles des individus ; mais, en revanche, elles sont d'une très-grande utilité au point de vue des recherches particulières : embrassant un nombre d'éléments assez restreint, elles tendent plus directement vers un but donné et se prêtent avec avantage aux besoins les plus variés de la spéculation ; disons plus : il n'est guère de question jouissant d'une certaine étendue dont l'étude ne réclame à certain moment un arrangement de faits plus ou moins artificiel. Lorsqu'il s'agit du classement des êtres vivants, les classifications artificielles ont dû naturellement céder la place aux classifications naturelles dès que celles-ci ont pu être établies ; mais il serait injuste de méconnaître les services rendus par ces sortes de classifications aux époques antérieures, alors que l'état de la science était beaucoup moins avancé. Chacune des classifications artificielles, en appelant plus directement l'attention sur telle ou telle partie qu'elle prenait pour base de son système, a conduit à découvrir une multitude de rapports qui seraient restés inaperçus ou du moins fort longtemps ignorés.

Je ne saurais donc trop le répéter : tout ce qui touche au

classement des faits est d'une importance capitale quant à l'intelligence de leurs rapports.

En dehors des classifications proprement dites, il existe encore divers modes d'arrangement des faits qui tous ont leur utilité particulière suivant le but que l'on se propose d'atteindre. Je ne veux point parler ici du groupement des faits en série simple ou en séries multiples, ce qui m'entraînerait trop loin ; mais il n'est personne tant soit peu initié aux progrès des sciences qui ne sache à combien de découvertes a conduit l'application de la méthode sériale.

Pour terminer ces considérations relatives aux rapports de la classification avec la comparaison, je dois ajouter qu'il n'est pas jusqu'aux moyens schématiques qui ne puissent être quelquefois employés utilement pour faciliter l'intelligence de certains rapports. Ce qu'on appelle classification en arbre, classification en réseau etc., ce sont là, si l'on veut, de simples moyens artificiels, des moyens graphiques, pour fixer et coordonner les idées, mais des moyens cependant qu'il ne faudrait pas négliger à l'occasion, pas plus que le géomètre ne néglige l'emploi des figures pour mieux saisir et comprendre les rapports de l'espace.

*De la comparaison envisagée dans ses rapports avec
l'induction.*

L'induction peut être ainsi définie : une généralisation de l'expérience. Elle consiste à inférer de quelques cas particuliers où un phénomène a été observé, qu'il se rencontrera dans tous les cas d'une certaine classe, c'est-à-dire dans tous les cas qui ressemblent aux premiers en ce qu'ils offrent d'essentiel. — De cette définition il est facile de déduire les rapports de la comparaison avec l'induction.

L'induction exigeant que nous rassemblions un certain nombre de faits pour voir en quoi ils concordent, autrement dit que nous en formions une classe, cette opération intellectuelle implique nécessairement une conception générale. Cette conception générale ne peut être obtenue que par l'abstraction, et celle-ci, à son tour, ne saurait exister sans la comparaison. Il est donc juste de dire que la comparaison est le premier pas de l'induction. Si la comparaison manque de

justesse ou d'étendue, si elle n'est point convenablement graduée, l'abstraction sera mauvaise, l'induction sans consistance; si, au contraire, la comparaison possède les qualités que nous lui avons reconnues nécessaires, l'induction deviendra pour l'investigateur un guide précieux, un instrument de découverte d'une merveilleuse puissance.

Ces dernières réflexions auront pour résultat, je l'espère, de vous faire comprendre toute l'importance que j'attache à la méthode comparative; la pratique et l'étude de la nature pourront seules achever d'affermir vos convictions.

Séance du 8 décembre 1870¹.

Présidence de M. ENGEL.

Membres présents : MM. Baudelot, Engel, Engelhardt, Heydenreich, Hugueny, Monoyer, Rameaux, Robert, Saint-Loup, Zeyssolf.

ÉLECTIONS.

La Société procède au renouvellement de son bureau; elle a à élire un vice-président et un secrétaire général, les fonctions du dernier titulaire, nommé le 8 janvier 1868 pour trois ans, étant expirées. Le vice-président de l'année 1870 passe, selon la coutume, à la présidence.

Sont élus :

MM. BAUDELLOT, vice-président;

MONOYER, secrétaire général.

En conséquence, le bureau de la Société pour l'année 1871 est composé de la manière suivante :

MM. MOREL, professeur à la Faculté de médecine, *président*;

BAUDELLOT, professeur à la Faculté des sciences, *vice-président*;

MONOYER, professeur agrégé à la Faculté de médecine, *secrétaire général*;

MILLARDET, professeur suppléant à la Faculté des sciences, *secrétaire archiviste*;

OBERLIN, professeur à l'École de pharmacie, *trésorier*.

¹ Les procès-verbaux des séances des 9 juin, 14 juillet, 11 août et 10 novembre 1870 font défaut.

COMMUNICATIONS.

M. MONOYER expose devant la Société un petit appareil de son invention, qu'il a baptisé du nom d'*iconarithme*. Cet instrument est destiné à faciliter l'étude des images fournies par les lentilles : il montre, à première vue, la région que doit occuper l'image d'un objet dont la position est donnée ; il indique la nature et la direction de cette image ; il permet, en outre, d'en calculer exactement la position et la grandeur.

M. BAUDELOT entretient la Société de quelques expériences qu'il a faites en vue de rechercher le degré de vitalité de certains animaux et notamment des Lépidoptères ; c'est ainsi qu'un papillon, auquel il avait tranché la tête, a survécu plus d'un mois à cette mutilation.

La séance est levée à 5 3/4 heures.

Le secrétaire général,

D^r F. MONOYER.

PHYSIQUE. — *Description et usage de l'iconarithme, nouvel instrument destiné à faciliter l'étude des images fournies par les lentilles (D^r F. Monoyer).*

Avant-Propos.

Dans tout problème relatif aux images fournies par les lentilles, on a à résoudre les quatre questions suivantes :

1° Quelle est la position de l'image par rapport au centre optique ou au foyer de la lentille ?

2° L'image est-elle *réelle* ou *virtuelle* ?

3° Quel est le sens de l'image relativement à celui de l'objet ? en d'autres termes, est-elle *droite* ou *renversée* ?

4° Quelle est la grandeur absolue ou relative de l'image ?

La solution de ces diverses questions dépend de trois données, savoir : 1° la position de l'objet ; 2° la longueur focale de la lentille ; 3° la nature convergente ou divergente de la lentille.

Quand l'objet est placé en avant de la lentille, on n'a pas de peine à se rappeler en quelle région doit se former l'image, quelle en est la nature et le sens ; on se trouve en présence des cas classiques. Si la lentille est convergente ou positive

et si l'objet est situé en avant du foyer principal antérieur, l'image se forme au delà du foyer postérieur; elle est réelle comme l'objet et *renversée*. Si l'objet occupe une position comprise entre la lentille et le foyer antérieur, l'image vient se placer en avant de la lentille; elle est alors *virtuelle* et *droite*. S'agit-il d'une lentille divergente ou négative, l'image d'un objet placé en avant de la lentille est toujours virtuelle, droite et située dans l'espace compris entre la lentille et le foyer principal antérieur. Mais qu'arrive-t-il lorsque l'objet est placé derrière la lentille, c'est-à-dire lorsqu'il est *virtuel*, en d'autres termes, que les rayons lumineux tombent sur la lentille à l'état de convergence? La réponse immédiate aux différents cas qui peuvent se présenter ici ne laisse pas que d'embarrasser ceux à qui la théorie des lentilles n'est pas devenue parfaitement familière par un usage presque quotidien. Et cependant les cas non classiques auxquels nous faisons allusion ont acquis une grande importance pratique, notamment pour les médecins, depuis la découverte de l'ophtalmoscope. La discussion de la formule permet toujours, il est vrai, de déterminer la position de l'image; mais l'emploi de ce moyen ne se recommande pas par sa rapidité, et d'ailleurs il n'est pas à la portée de tout le monde.

Frappé de ces inconvénients, nous avons cherché un moyen de faciliter l'étude des images fournies par les lentilles en soulageant la mémoire, et nous pensons l'avoir découvert dans l'emploi d'un petit instrument qui permet de trouver promptement et facilement la solution des divers problèmes que comporte la théorie des lentilles.

I. Description de l'iconarithme.

Cet instrument, dont le nom signifie *calculateur d'images* (du grec εἰκών, image, et ἀριθμῶ, calculer), se compose de deux cadrans circulaires en carton ou en bois: l'un fixe, l'autre, de rayon plus petit, superposé au premier et mobile autour d'un axe qui passe par les centres des deux cadrans, perpendiculairement à leur plan. La fig. 1 donne une vue d'ensemble de l'instrument; le cadran mobile est représenté à part dans la fig. 2.

La partie du limbe fixe qui débordé le cadran mobile

forme une zone circulaire partagée en deux moitiés égales par une flèche diamétrale, dont la pointe est remplacée par la figure d'une lentille bi-convexe vue en coupe. L'une des moitiés, celle de droite, est peinte en rouge dans toute son étendue, et elle représente la région de l'espace placée derrière la lentille; la moitié située à gauche correspond à la région de l'espace placée en avant de la lentille; elle est subdivisée en deux secteurs de grandeur inégale: le plus petit, de couleur blanche, touche la lentille bi-convexe; l'autre secteur, peint en bleu, fait suite au précédent et se termine aux barbes de la flèche. Sur la ligne de démarcation qui sépare le secteur bleu du blanc, la pointe d'une petite flèche F' indique la position du foyer principal *antérieur* de la lentille. Les barbes de la flèche diamétrale occupent la limite de séparation du segment bleu et du rouge; elles répondent à une distance infinie de la lentille, soit en avant, soit en arrière du milieu réfringent; les deux infinis, le positif et le négatif, se confondent ainsi en un même lieu par suite de la forme circulaire donnée à l'axe optique.

Une circonférence tracée sur le limbe du cadran mobile limite sur le pourtour de ce dernier une zone circulaire de même largeur que celle du cadran fixe. Cette zone est partagée, comme la première, en deux moitiés égales par une flèche dont la coupe d'une lentille concave tient lieu de pointe. Mais les couleurs y sont réparties d'une manière différente: le secteur blanc occupe toute la moitié gauche, tandis que le secteur rouge situé immédiatement derrière la lentille concave n'a qu'une étendue égale à celle du secteur blanc du cadran fixe; le troisième secteur, le bleu, remplit le reste de la demi-zone de droite. La petite flèche F, qui indique le foyer *postérieur* de la lentille, se trouve sur la ligne de séparation du rouge et du bleu.

En outre, les limbes des deux cadrans portent l'un et l'autre une double échelle logarithmique, qui ne diffère de celle de la règle à calcul que par sa disposition circulaire; de cette manière, les échelles de chaque cadran se font suite, et chacune d'elles occupe une moitié de la zone circulaire. Il importe de remarquer que les divisions de l'échelle fixe marchent dans le sens direct, c'est-à-dire de gauche à droite, tandis que celles de l'échelle mobile marchent en sens in-

verse, de droite à gauche; les échelles des deux cadrans sont ainsi dans la même situation respective que celle qu'on obtient avec la règle à calcul, lorsqu'on renverse la règle.

II. Emploi de l'iconarithme dans les problèmes relatifs aux lentilles.

L'instrument que nous venons de décrire permet d'obtenir avec promptitude et facilité la réponse aux différentes questions que comporte la formation des images dans les lentilles.

Étant donné un objet réel ou virtuel, de position déterminée et de grandeur connue, la simple inspection de l'instrument indique :

1° La région de l'espace où doit se former l'image; en d'autres termes, si l'image est située en avant ou en arrière de la lentille, en deçà ou au delà du foyer principal;

2° Le sens de l'image par rapport à celui de l'objet;

3° La nature réelle ou virtuelle de l'image.

En outre, en faisant manœuvrer le cadran mobile, on peut calculer :

4° La position exacte de l'objet;

5° La grandeur absolue ou relative de l'image.

A. Détermination approximative de la position de l'image. — Pour procéder à cette détermination, il convient de commencer par placer le cadran mobile dans la position du repos, c'est-à-dire dans une position telle que la lentille divergente soit en regard de la lentille convexe du cadran fixe.

Cela fait et sachant avec quelle espèce de lentille on opère, on regarde sur le cadran correspondant la couleur du secteur dans lequel se trouve situé l'objet, dont la position par rapport à la lentille et à l'un des foyers principaux est nécessairement donnée d'avance. *L'image tombe alors dans le secteur de même couleur de l'autre cadran.*

Exemples : 1° Un objet étant placé en avant du foyer principal antérieur d'une lentille convergente, rechercher la position approximative de l'image.

Puisque nous avons affaire à une lentille positive et à un objet situé en avant du foyer antérieur, nous voyons que cet

objet se trouve dans le secteur bleu du cadran fixe. Je cherche alors le secteur bleu du cadran mobile et je constate qu'il s'étend du foyer postérieur jusqu'à l'infini ; j'en conclus que l'image occupe une position située au delà du foyer postérieur de la lentille considérée.

On sait d'ailleurs que dans les lentilles les foyers conjugués marchent dans le même sens ; par conséquent, plus l'objet se rapproche du foyer antérieur, plus l'image s'éloigne du foyer postérieur dans la direction de l'infini.

2° L'objet étant entre le foyer antérieur et la lentille positive, où se trouve l'image ?

Dans ce cas, l'objet tombe dans le secteur blanc du cadran fixe ; l'image doit donc se former dans le secteur blanc du cadran mobile, lequel est situé en avant de la lentille.

Par conséquent, l'image est elle-même située en avant de la lentille, et pendant que l'objet s'écarte du foyer pour se rapprocher du centre optique, l'image parcourt la distance comprise entre l'infini et la lentille. L'image rattrape l'objet au centre optique.

3° L'objet passe derrière la lentille convexe ; ce ne peut être alors qu'une image réelle dont la formation est empêchée par l'interposition de la lentille considérée ; il s'agit de savoir où va se faire le foyer conjugué de cette image réelle qui sert d'objet.

Tout l'espace situé derrière la lentille convexe est occupé par le secteur rouge ; c'est là que nous supposons l'objet placé. Sur le cadran mobile, le secteur rouge ne s'étend que de la lentille au foyer postérieur. Donc, tandis que l'objet va de la lentille à l'infini négatif, l'image parcourt dans le même sens l'espace compris entre la lentille et son foyer postérieur.

4° Considérons le cas d'une lentille divergente et supposons l'objet situé en avant à une distance quelconque.

Cela revient à placer l'objet dans le secteur blanc du cadran mobile ; l'image tombe alors dans le secteur blanc du cadran fixe. On voit, comme nous le savons, qu'un objet placé en avant d'une lentille divergente donne toujours une image située entre le foyer antérieur et le centre optique.

En procédant de la même manière, lorsque l'objet passe derrière la lentille divergente, sous forme d'image réelle, on trouverait facilement la position du foyer conjugué.

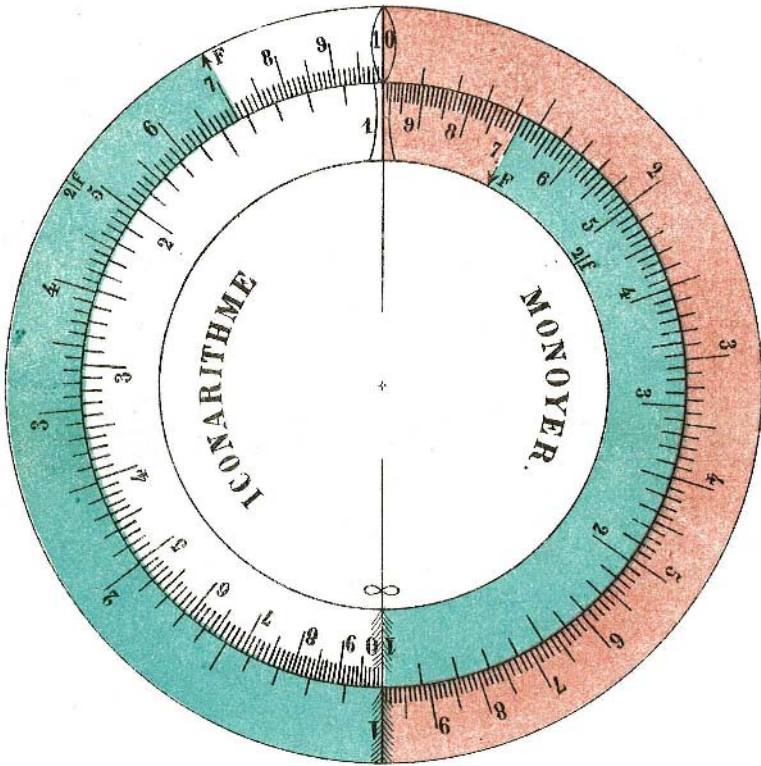


Figure 1.

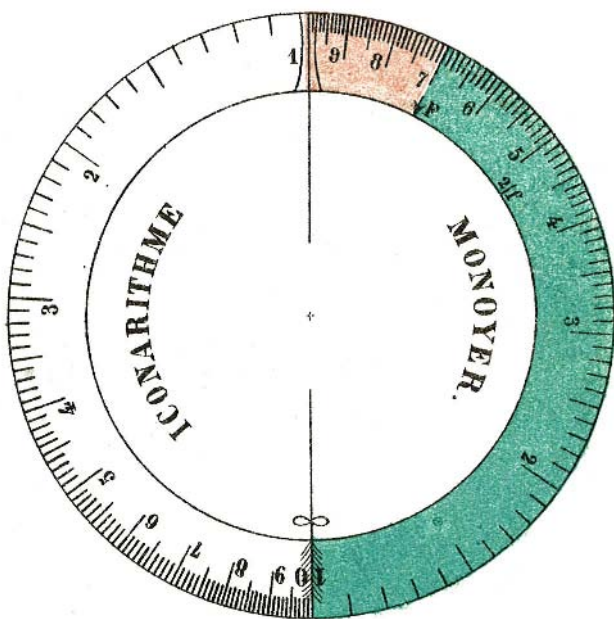


Figure 2.

Les considérations précédentes sont bien propres à faire ressortir la réciprocité qui existe entre la lentille positive et la négative, sous le rapport des positions respectives des foyers conjugués.

B. Recherche du sens et de la nature de l'image. — Afin d'abrégier le langage, nous dirons que l'objet et l'image correspondante sont *homotropes*, quand ils ont la même direction; *hétéotropes*, quand l'un est droit et l'autre renversé, ou *vice versa*; nous les dirons *homoïdes*, lorsqu'ils sont de même espèce, tous deux réels ou virtuels, et *hétéroïdes*, lorsqu'ils sont d'espèce différente, l'un étant réel, l'autre virtuel.

Cela posé, voici l'énoncé de la règle qui permet de déterminer immédiatement le sens et la nature de l'image conjuguée d'un objet donné :

L'objet et l'image sont HOMOTROPES et HÉTÉROÏDES, quand ils se trouvent dans le même demi-cercle; ils sont HÉTÉROTROPES et HOMOÏDES dans le cas contraire.

Nous confondons ici dans un même demi-cercle les divers secteurs de l'un et l'autre cadran, qui se trouvent situés d'un même côté de la flèche diamétrale commune, le cadran mobile étant placé exactement dans la position du repos.

Afin d'éviter toute confusion dans l'application de la règle précédente, il importe de se rappeler les conventions suivantes : *a)* Toutes les fois que les rayons lumineux tombent à l'état de divergence ou de parallélisme sur la lentille, auquel cas ils partent ou semblent partir de points situés en avant du milieu réfringent, l'objet doit être considéré comme *réel*; une image réelle ou virtuelle peut ainsi tenir lieu d'un objet véritable; *b)* si, au contraire, le faisceau lumineux rencontre la lentille à l'état de convergence, on a affaire à un objet *virtuel*, représenté dans ce cas par une image qui serait réelle si les rayons n'étaient pas déviés avant leur réunion par le milieu réfringent sur lequel on opère.

Quelques exemples faciliteront au lecteur l'application de la règle énoncée ci-dessus.

1° L'objet et l'image se trouvent dans les secteurs bleus, et par conséquent dans des demi-cercles différents; donc ils sont hétéotropes et homoïdes.

Si l'objet est droit, l'image est renversée et *vice versa*.

Qu'on ait affaire soit à un objet véritable, soit à une image réelle ou virtuelle qui en tienne lieu, l'objet est nécessairement réel si l'on opère sur une lentille convergente, puisqu'il occupe une position située en avant du milieu réfringent ; donc l'image conjuguée est réelle. S'agit-il, au contraire, d'une lentille divergente, l'objet situé dans le secteur bleu du cadran mobile se trouve alors derrière la lentille ; il est par conséquent virtuel, et l'image correspondante l'est également.

2° L'objet et l'image tombent dans les secteurs blancs, tous deux compris dans le même demi-cercle.

L'objet et l'image sont alors homotropes, c'est-à-dire dirigés dans le même sens, tous deux droits ou tous deux renversés ; ils sont, en outre, hétéroïdes, c'est-à-dire d'espèce différente.

Ici l'objet est nécessairement réel, qu'il s'agisse d'une lentille positive ou négative ; l'image sera donc toujours virtuelle.

3° L'objet et l'image sont placés dans les secteurs rouges. Ce cas ne diffère du précédent qu'en un point : l'objet ne peut être que virtuel, et par conséquent l'image est toujours réelle, quelle que soit la nature de la lentille considérée.

C. Calcul de la position exacte de l'image. — Nous avons vu qu'un simple coup d'œil jeté sur l'instrument suffit pour conclure de la situation respective des secteurs de même couleur à la position approximative de l'image conjuguée d'un objet donné. Nous allons montrer comment la position exacte de cette image peut être calculée à l'aide des échelles logarithmiques que portent les deux cadrans de l'icônarithme.

Pour procéder à cette détermination, nous adopterons la formule :

$$dd' = f^2$$

dans laquelle f désigne la longueur focale de la lentille, d et d' les distances respectives de l'objet et de l'image au premier et au second foyer principal. Dans la lentille positive ou convergente, le premier foyer est situé en avant du centre optique ; dans la lentille divergente ou négative, il est placé derrière.

Cette formule des foyers conjugués, que nous appelons formule *simplifiée*, peut se déduire aisément de la formule classique

$$\frac{1}{p} + \frac{1}{p'} = \frac{1}{f}$$

dans laquelle p et p' désignent les distances de l'objet et de l'image comptées à partir du centre optique. On passe de l'une à l'autre, en remplaçant dans la formule classique p par $d + f$ et p' par $d' - f$. La formule simplifiée, qu'on trouve déjà indiquée dans le *Traité de physique de Person* (1836), présente plusieurs avantages : elle est plus simple que la formule classique, plus facile à discuter, s'applique également, sans changement de signes, aux lentilles positives et négatives ; enfin, dans le cas particulier, c'est la seule qui se prête à un calcul par logarithmes.

De la formule en question nous tirons :

$$d' = \frac{f^2}{d} = \frac{ff}{d}$$

Le problème se trouve ainsi ramené à trouver une quatrième proportionnelle. Or les deux doubles échelles logarithmiques de notre instrument disposées l'une par rapport à l'autre exactement de la même manière que celles de la règle à calcul dans le cas où la réglette est renversée, se prêtent tout naturellement au calcul d'une quatrième proportionnelle.

Nous supposons connues la théorie et la manœuvre de la règle à calcul ; nous nous bornons à indiquer la marche à suivre pour trouver avec l'iconarithme la quatrième proportionnelle cherchée, c'est-à-dire la distance d' de l'image au second foyer. Dans le but d'abrégier le langage, nous nous servirons des expressions usitées dans la règle à calcul pour distinguer les échelles fixes des mobiles ; les divisions du cadran fixe représenteront celles de la *règle* ; le cadran mobile correspondra à la *réglette*.

Cela posé, voici comment il faut procéder :

On amène f lu sur la réglette sous f lu sur la règle ; en regard de d lu sur la réglette on trouve d' sur la règle. (On arri-

verait au même résultat en lisant d sur la règle et cherchant d' sur la règlette.)

Les lectures de f et de d se feront sur la première échelle de chaque cadran, c'est-à-dire sur l'échelle de gauche.

Il est évident d'ailleurs que d et d' ont toujours le même signe ; si l'un est positif, l'autre l'est aussi ; quand d devient négatif, d' le devient également.

RÈGLE POUR TROUVER LE NOMBRE DES CHIFFRES ENTIERS DU RÉSULTAT. — Il peut se présenter trois cas : 1° d' tombe dans la même échelle que f lu sur la règle.

Dans ce cas, le nombre E des chiffres entiers du résultat est égal à la différence Δ entre la somme des chiffres entiers du numérateur et celle des chiffres entiers du dénominateur ; ainsi,

$$E = \Delta$$

2° d' se trouve dans une autre échelle que f lu sur la règle, c'est-à-dire dans la seconde échelle fixe, mais il est à gauche de f lu sur la règlette. Ici,

$$E = \Delta - 1$$

3° d' se lit dans la seconde échelle, mais à la droite de f de la règlette. Alors,

$$E = \Delta + 1$$

Cas particulier. — Lorsque f est égal à 1, ou à 10, ou à 100, etc., les extrémités des échelles de la règlette viennent se placer en regard de celles de la règle. On peut être alors embarrassé de savoir s'il faut appliquer le premier cas de la règle ou l'un des suivants ; mais avec un peu d'attention on s'assure qu'en réalité on se trouve dans les conditions du deuxième cas, à moins que d étant égal à 1, 10, 100, etc., ne coïncide aussi avec l'extrémité de l'échelle et ne ramène au premier cas.

Exemples : appliquons à quelques exemples numériques les préceptes et la règle que nous avons formulés plus haut pour calculer d' .

$$1^{\circ} f = 4 ; d = 8.$$

J'amène la division 4 lue sur la règlette (secteur blanc) sous 4 lu sur la règle (secteur bleu) ; en regard de 8 lu sur la règlette (secteur blanc) je trouve 2 sur la règle (secteur

bleu). Pour trouver le nombre des chiffres entiers, j'applique le premier cas, puisque d' tombe dans la même échelle que f lu sur la règle. Or la somme des chiffres entiers du numérateur est $1 + 1$; le dénominateur a un chiffre entier; la différence est donc 1; par conséquent d' a un chiffre entier et est ainsi égal à 2.

S'il s'agit d'un objet réel placé à 8 centimètres du foyer antérieur d'une lentille positive ayant 4 centimètres de distance focale, on voit que l'image se formera à 2 centimètres au delà du foyer postérieur.

Dans le cas où la distance de l'objet serait comptée à partir de la lentille, il faudrait commencer par la rapporter au premier foyer principal, en ajoutant ou en retranchant la distance focale suivant les circonstances.

2° $f = 1,5$; $d = 5$.

Après avoir amené 1,5 lu sur la règle sous 1,5 lu sur la règle, nous trouvons sur celle-ci le nombre 45 en regard de 5 lu sur la règle.

Ici d' tombe dans une autre échelle de la règle que f et à gauche de f lu sur la règle; donc il faut appliquer le deuxième cas $E = \Delta - 1$, pour trouver le nombre des chiffres entiers du résultat. Or le numérateur a $1 + 1 = 2$ chiffres entiers; le dénominateur en a aussi 2; la différence $\Delta = 0$; par suite $E = 0 - 1 = -1$. Donc $d' = 0,45$.

3° $f = 6$; $d = 2$.

En opérant comme précédemment, on obtient pour le résultat le nombre 18, lequel tombe dans une autre échelle que f , mais à droite. Nous trouverons alors le nombre des chiffres entiers à l'aide de la formule $E = \Delta + 1$, qui donne dans le cas particulier :

$$\begin{aligned} E &= 1 + 1. \\ \text{Ainsi, } d' &= 18. \end{aligned}$$

D. Calcul de la grandeur relative ou absolue de l'image. — Nous nous servirons, pour procéder à cette détermination, de la formule

$$\frac{i}{o} = \frac{f}{d}$$

dans laquelle i désigne la grandeur de l'image, o celle de

l'objet, f et d représentant les mêmes quantités que dans la formule simplifiée des foyers conjugués.

La formule que nous venons d'écrire donne immédiatement la grandeur relative $\frac{i}{o}$ de l'image, si l'on effectue le calcul indiqué dans le second membre de l'équation, c'est-à-dire si l'on cherche le quotient de f par d . Rien n'est plus facile; il suffit de suivre la marche indiquée pour effectuer une division à l'aide de la règle à calcul avec règlette renversée. *La division 1 de la règlette de l'iconarithme sera amenée sous f lu sur la règle; en regard de d sur la règlette, on trouvera le quotient cherché.* — Même règle que précédemment pour le nombre des chiffres entiers du résultat.

Pour calculer la grandeur absolue de l'image, nous n'avons qu'à tirer de la formule ci-dessus posée la valeur de i ; nous obtenons alors :

$$i = \frac{of}{d}$$

qui montre que le calcul revient à trouver une quatrième proportionnelle, problème dont nous nous sommes déjà occupés.

III. Autres usages de l'iconarithme.

1. — L'instrument décrit dans les pages précédentes peut aussi être employé pour l'étude des images dioptriques fournies par une seule surface réfringente ou par un système dioptrique quelconque. La marche à suivre dans ces cas ne diffère pas de celle qui a été exposée pour les lentilles; les renseignements obtenus portent sur les mêmes points.

Nous n'avons qu'une remarque à faire: si le système réfringent considéré a deux distances focales de longueur inégale, f et f' , la formule des foyers conjugués a pour expression :

$$dd' = ff'$$

d'où l'on tire

$$d' = \frac{ff'}{d}$$

C'est cette dernière formule qui servira alors au calcul de d' .

Quant à la grandeur de l'image, elle sera donnée par la formule

$$\frac{i}{o} = \frac{f}{d}$$

2. — Enfin l'iconarithme trouve encore son emploi dans le cas des images catoptriques fournies par les miroirs sphériques. Il suffit, pour l'approprier à ce nouvel usage, de donner comme position de repos celle qu'on obtient en faisant tourner le cadran mobile de 180°. Ce changement de position s'explique par le sens différent que suit la propagation des rayons lumineux dans la réfraction et la réflexion. On se rappellera, en outre, que le miroir concave correspond à la lentille convergente, le miroir convexe à la lentille divergente, et que les foyers conjugués par réflexion marchent en sens contraire l'un de l'autre, tandis que les foyers conjugués par réfraction se déplacent dans le même sens.

Nota. — Afin que le lecteur puisse construire lui-même l'iconarithme, nous avons fait reproduire le cadran mobile sur une feuille à part (fig. 2). Il n'y a plus qu'à découper ce cadran, à le poser sur la partie similaire du cadran fixe et à faire passer une épingle à travers les centres des deux figures. On fera bien de coller au préalable le cadran fixe sur une plaque de liège, dans laquelle s'enfoncera l'épingle qui sert de pivot.

TABLE DES MATIÈRES

(TROISIÈME ANNÉE).

Liste des membres de la Société.	Pages. 4
--	-------------

I. MÉMOIRES.

PHYSIQUE.

MONOYER, Description et usage de l'iconarithme, nouvel instrument destiné à faciliter l'étude des images fournies par les lentilles (avec deux planches chromo-lithographiées)	150
SAINT-LOUP, Étude expérimentale de l'attraction exercée par une bobine sur un barreau de fer doux (avec 43 figures dans le texte)	65
SAINT-LOUP, Modification de la machine de Holtz	63
TERQUEM, Étude des sons produits par la sirène (deuxième mémoire)	7
TERQUEM, Note sur un appareil destiné à la démonstration de la distribution de l'électricité à la surface des corps conducteurs	6

PHYSIOLOGIE.

GAY, Note sur l'abaissement de la température du corps pendant une ascension rapide.	17
--	----

ZOOLOGIE.

BAUDELLOT, Contribution à l'histoire du système nerveux des Échinodermes	22
LE MÊME, De la méthode comparative en zoologie	149
LE MÊME, Note sur la régénération de l'extrémité céphalique chez le Lombric terrestre.	21

II. PROCÈS-VERBAUX.

Séance du 3 janvier 1870	6
Renouvellement du bureau. — Cage électrique (M. Terquem). — Sons produits par la sirène acoustique (M. Terquem).	
Séance du 2 février 1870	14
Allocation en faveur de la famille du naturaliste suédois Sars. — Présentation de modèles pour la représentation des mouvements vibratoires (M. Terquem).	

	Pages.
Séance du 2 mars 1870.	45
Sur la géologie du Kaiserstuhl et du Limbourg (M. Bleicher). — Présentation d'insectes d'Alsace (M. Engel). — Théorie du condensateur électrique (M. Terquem).	
Séance du 7 avril 1870.	45
Élection du D ^r Buez, membre correspondant. — Discussion sur des irrégularités relatives à la publication des <i>Mémoires</i> . — Présentation de travaux publiés par M. Gauckler. — Sur une nouvelle théorie de l'origine des montagnes (M. Bleicher).	
Séance extraordinaire du 28 avril 1870	46
Nomination d'une Commission chargée de préparer un projet de règlement pour la publication des <i>Mémoires</i> . — Communica- tion sur le refroidissement du corps pendant les ascensions rapides (M. Gay).	
Séance du 12 mai 1870.	20
Règlement relatif à la publication des <i>Mémoires</i> . — Décision à l'égard des membres réfractaires à l'acquittement de la coti- sation.	
Séance du 8 décembre 1870	449
Renouvellement du bureau. — L'iconarithme (M. Monoyer). — Vitalité extraordinaire de certains insectes (M. Baudelot).	

