

*Bibliothèque numérique*

**medic@**

**Marey, Etienne-Jules. - Histoire naturelle des corps organisés. [Cours du Collège de France]. III . La synthèse expérimentale dans les sciences naturelles**

*In : Revue des cours scientifiques de la France et de l'étranger, 1867, IV, p. 318-320 et 353-356*



**(c) Bibliothèque interuniversitaire de médecine (Paris)**  
Adresse permanente : <http://www.bium.univ-paris5.fr/hist-med/medica/cote?marey075>

l'Atlantique, aux Antilles, à l'Europe, qu'elle alimente d'or. Au nord, est l'Orégon, un État *sœur*, comme l'appellent les Américains, l'Orégon que l'exploitation des placers féconde aussi et fertilise; puis la Colombie britannique, également favorisée par l'or, puis l'Amérique russe. A l'ouest, la Californie regarde le vieux monde asiatique, le Japon, la Chine, les Indes anglaises et néerlandaises, l'Australie. Au sud, toutes les colonies espagnoles du Pacifique, puis les innombrables archipels du monde océanique flottant au milieu des eaux. Devant tous ces éléments si favorablement rassemblés, ne peut-on dire que le mystérieux *Far-West*, que les *prairies*, que tant de romanciers avaient décrits, n'existent plus que dans les livres?

Le *go ahead* américain a retenti de l'Atlantique au Pacifique, et la terre féconde de l'or a ouvert ses bras à tous, sans distinction de nationalité. Saluons donc cette colonie prospère, libérale, où nous pouvons, soulevant le voile, présager ce que réserve l'avenir. La jeune reine du Pacifique deviendra certainement un jour la reine glorieuse du monde commercial.

L. SIMONIN,  
Ingénieur des mines.

#### COLLÈGE DE FRANCE.

### HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS.

COURS DE M. MAREY (1).

#### III

#### La synthèse expérimentale dans les sciences naturelles.

Messieurs,

Lorsque je vous ai parlé des procédés que l'esprit humain emploie dans les recherches scientifiques, j'ai nommé l'analyse et la synthèse. Nous avons déjà vu ce que c'est que l'analyse; nous l'avons suivie dans ses perfectionnements successifs, et nous connaissons, d'une manière générale, les immenses ressources dont elle dispose.

J'ai donc à vous faire connaître aujourd'hui ce que c'est que la synthèse et quels sont les services qu'elle devra nous rendre. Vous savez déjà que ce n'est pas une méthode de recherche. Vous avez vu qu'une science qui tendrait à se fonder par la synthèse, en parlant de principes établis à priori, s'exposerait beaucoup à s'égarer. Mais il n'en est plus de même lorsque l'analyse a fini son œuvre et nous a mis en possession d'un grand nombre de faits bien établis. C'est alors que le rôle de la synthèse commence. La *synthèse* est tout le contraire de l'analyse; elle reconstruit ce qui avait été décomposé. Telle est la définition la plus générale de cette méthode. Mais, pour en donner une idée plus complète, il est bon de la suivre dans ses différentes applications. Nous examinerons d'abord la synthèse expérimentale, celle qui sert pour ainsi dire à contrôler les résultats de l'analyse en reproduisant un phénomène par le rassemblement de ses conditions d'existence. Ensuite nous passerons à la synthèse proprement dite, telle que la scolastique l'avait définie, qui rassemble les faits particuliers en lois générales.

(1) Voyez les nos 17 (23 mars 1867), et 19 (6 avril 1867), p. 257 et 296.

La synthèse expérimentale reforme ce qui était décomposé en ses éléments divers. Le *chimiste*, par exemple, lorsqu'il a décomposé l'eau par l'analyse et qu'il en a séparé l'oxygène et l'hydrogène, peut recombinaison ces deux gaz. Il a fait la synthèse de l'eau. Or, dans cette seconde expérience, on trouve la plus satisfaisante démonstration de l'exactitude de la première. La synthèse a servi de contrôle à l'analyse.

En chimie organique, l'introduction de la synthèse est toute récente, mais elle a déjà accompli, dans cette branche de la science, une véritable révolution. Au siècle dernier, les chimistes croyaient que les matières organiques se forment dans les animaux et les plantes en vertu de forces différentes de celles qui régissent la matière non organisée. Buffon admettait même une matière organique animée, destinée à fournir incessamment les matériaux des êtres doués d'organisation.

De nos jours (1849), Berzelius admettait encore des lois chimiques spéciales dans la nature organisée. Il appartenait à Berthelot de renverser ces opinions erronées, et de montrer que les mêmes lois se retrouvent dans la chimie organique et dans la chimie minérale; de prouver qu'en partant des éléments inorganiques décelés par l'analyse dans les substances organisées, on peut reproduire par la synthèse un très-grand nombre des substances qui se trouvent dans les végétaux.

C'est ainsi qu'en partant du carbone et de l'hydrogène, notre savant chimiste forma l'acétylène,  $C^2H^2$ ; ce corps, traité par l'hydrogène naissant, lui donna le gaz oléifiant,  $C^2H^4$ .

En partant de l'eau et de l'acide carbonique, Berthelot forma l'oxyde de carbone,  $C^2O^2$ . Celui-ci, par la fixation des éléments de l'eau, donna l'acide formique,  $C^2H^2O^4$ , d'où fut obtenu le gaz des marais,  $C^2H^4$ .

Du gaz des marais dérivent, par condensations successives des éléments, l'acétylène, le propylène, la benzine et la naphthaline.

Les corps ternaires dérivent des précédents par l'addition d'oxygène. Ainsi se produisent les alcools:

L'alcool méthyllique,  $C^2H^4O^2$ , par l'oxydation du gaz des marais.

L'alcool ordinaire,  $C^4H^6O^2$ , par l'hydratation du gaz oléifiant.

En enlevant de l'hydrogène aux alcools, on obtient des aldéhydes; en oxydant les alcools, on forme des acides organiques. Par la fixation de l'azote dans ces nouveaux produits, soit au moyen de l'ammoniaque, soit par l'action de l'acide azotique, on obtient des composés quaternaires. De telle sorte qu'on peut prévoir que l'emploi de la synthèse permettra de reproduire artificiellement ces substances si précieuses qu'on appelle les alcaloïdes des végétaux.

Le physicien use aussi largement de la synthèse. Ainsi, lorsqu'il veut produire avec une grande intensité un phénomène dont l'analyse lui a révélé les conditions d'existence, il construit un appareil dans lequel il réunit ces conditions, et provoque le phénomène avec une évidence qui ne laisse plus de doute. Étant connus, par exemple, les phénomènes électriques qui se passent entre deux métaux différents soumis tous deux à une action chimique, les physiciens ont construit les piles qui produisent des courants d'électricité dynamique d'une intensité surprenante. En général, ce qu'on appelle instrument de démonstration est construit en vertu d'une idée synthétique.

En biologie, la synthèse est généralement trop peu employée,



et cependant elle me semble, dans certains cas, très-utile, soit pour contrôler les résultats obtenus par l'analyse, soit pour fournir une démonstration claire et saisissante des phénomènes. Il ne faut pas négliger ce moyen de contrôle et de démonstration. Bien souvent des expériences doivent être instituées en vue de reproduire un phénomène et de démontrer qu'il se produit dans certaines conditions déterminées. Dans ces cas, l'expérimentation est synthétique. Une des principales applications de cette méthode consiste à reproduire, en dehors de l'être vivant, certains phénomènes qui se passent au sein de l'organisme. Ainsi, pour démontrer l'action que l'air exerce sur le sang à travers les parois des cellules pulmonaires, on fait voir que du sang veineux peut être artérialisé par l'action de l'air s'exerçant à travers une membrane organique. Pour prouver l'action des acides de l'estomac et celle de la chaleur dans la digestion, on montre que, dans un matras, l'addition d'un acide à un mélange de suc gastrique et de viande provoque une digestion artificielle qui ne s'opérerait que très-incomplètement sans la présence de l'acide. On peut faire voir, en outre, l'action de la chaleur dans la digestion, car la température doit être un peu élevée pour que ce phénomène se produise avec rapidité.

Les phénomènes physiques qui se passent chez les êtres vivants sont tout particulièrement susceptibles d'une démonstration synthétique. Les appareils de démonstration, ou *schémas*, sont excellents pour donner une idée du mécanisme de ces fonctions.

Je ne connais, pour ma part, rien de plus instructif que l'emploi de ces schémas, qui font assister à tous les détails de la production des phénomènes.

La plupart d'entre vous doivent se rappeler les difficultés qu'on éprouve, au début des études physiologiques, à bien comprendre le mécanisme de la respiration : ce vide *virtuel*, comme on l'appelle, qui existe dans la cavité des plèvres, et dans lequel l'air tend à se précipiter aussitôt qu'on pratique une ouverture en un point de la cage thoracique. On peut simuler cette disposition d'une manière très-simple. Voici un appareil schématique qui reproduit tout cela (fig. 212).

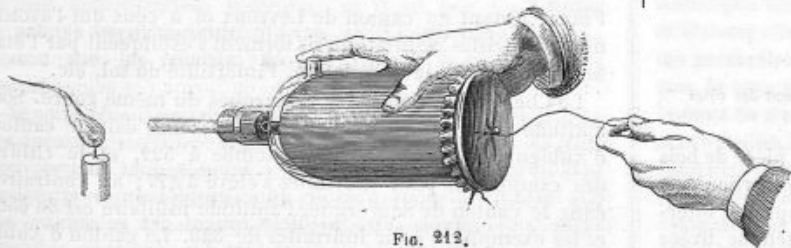


FIG. 212.

Ce flacon, dont la partie inférieure a été enlevée et remplacée par une membrane de caoutchouc tendue, représentera la cage thoracique. La membrane correspond au diaphragme. A l'intérieur de cette bouteille est une vessie de caoutchouc qui représente le poumon. Le col de la vessie est luté avec le goulot de la bouteille, de façon qu'il n'y ait plus qu'un seul orifice, celui qui fait communiquer l'air extérieur avec l'intérieur de la vessie de caoutchouc. Enfin, un trou est pratiqué aux parois de la bouteille, et une corde est placée au centre de la membrane qui représente le diaphragme, afin d'imprimer à cette membrane des mouvements qui simulent l'action diaphragmatique dans la respiration.

Ceci posé, je vais placer cet appareil dans les conditions où se trouve la cavité thoracique. J'insuffle la vessie de manière à la distendre jusqu'à ce qu'elle remplisse la cavité de la bouteille et qu'elle chasse l'air qui y était contenu. Nous avons reproduit la disposition par laquelle le poumon déployé remplit le thorax. Si je cesse de souffler en laissant l'orifice libre, l'air rentre aussitôt avec un sifflement par le trou qui existe aux parois du flacon, absolument comme cela arrive sur un animal auquel on vient de percer la poitrine. Mais si je ferme cet orifice après avoir fini l'insufflation, vous voyez que la vessie reste adhérente aux parois de la bouteille, bien que le goulot soit ouvert.

J'imité les mouvements du diaphragme en exerçant une traction sur cette membrane ; la vessie suit tous ces mouvements, absolument comme le fait le poumon, et un va-et-vient s'établit entre l'air extérieur et l'air intérieur, à travers le goulot du flacon.

Veut-on se représenter l'énergie avec laquelle la vessie-poumon tend à revenir sur elle-même, on adapte un manomètre à l'orifice fait à la paroi ; on voit alors que le mercure est appelé du côté de l'appareil avec une force qui se traduit par l'aspiration d'une colonne d'un certain nombre de centimètres de hauteur.

Un phénomène assez étrange se présente dans certains cas chirurgicaux, c'est la hernie du poumon à travers une blessure de la poitrine. Cette hernie semble inexplicable lorsqu'on a vu la tendance du poumon à revenir sur lui-même en pareil cas. Ce phénomène peut se reproduire ici, de façon à ne laisser aucun doute sur l'interprétation qu'il doit recevoir. Fermons le goulot de la bouteille, ce qui correspond à l'occlusion de la glotte chez un animal et empêche l'air de sortir de la poitrine ; la vessie n'aura déjà plus, comme tout à l'heure, la tendance énergique à revenir sur elle-même, car pour cela il faut qu'elle puisse se vider. A ce moment, comprimons le diaphragme, ce qui équivaut à un violent effort d'aspiration. Vous voyez que la vessie fait hernie à travers l'ouverture des parois de la bouteille. L'explication de ce fait est toute naturelle : l'air, comprimé dans la poche élastique avec une cer-

taine force, tend à s'échapper au dehors en refoulant la membrane mince qui l'enferme ; il le fait dans le seul point où les parois offrent peu de résistance. Supposons, pour un instant, qu'au lieu de la membrane mince qui fait hernie en ce moment, ce soit un tissu spongieux, mais plus consistant, comme celui du poumon ; la hernie pourra s'étrangler à travers les bords de l'ouverture, et ne rentrera plus d'une manière spontanée, même lorsque l'effort aura cessé. On pourrait faire beaucoup

d'autres démonstrations au moyen de ce petit appareil. Peut-être quelque jour aurons-nous encore à nous en servir.

Sans sortir du sujet qui nous occupe, voici un autre fait qui a longtemps semblé obscur et moins inexplicable, et qui peut recevoir une démonstration synthétique très-simple et très-convaincante.

Les muscles intercostaux ont-ils une action sur le mouvement des côtes, et en ce cas quelle est cette action ? Tel fut le sujet de longs débats entre les physiologistes du siècle dernier.

La solution de cette question fut demandée à l'expérience, et l'on vit, sur les animaux vivants, que les muscles intercostaux externes se contractent à chaque inspiration. Mais ce



fait d'observation avait quelque chose de paradoxal et d'inexplicable. Les intercostaux externes sont tendus entre deux côtes ; il semble donc qu'ils doivent, en se contractant, rapprocher les deux côtes l'une de l'autre. Or, au moment de l'inspiration, les côtes s'écartent et les espaces intercostaux s'élargissent.

Dans ses cours de physiologie à la Faculté de médecine, P. Bérard aimait à rappeler ces discussions ; à la fin, il levait les hésitations de son auditoire en traçant sur le tableau une figure schématisée qui rend très-bien compte du phénomène.

Bérard racontait aussi qu'il avait reçu du docteur Hutchinson un petit appareil formé de tiges de bois imitant la disposition des côtes par rapport à la colonne vertébrale, et de bandelettes élastiques qui simulaient l'action des muscles intercostaux externes. Cet appareil tendait à prendre la position des côtes en inspiration, lorsqu'on avait abaissé celles-ci de façon à tirer les bandelettes élastiques. Voici un appareil que j'ai construit d'après ces indications. Vous voyez qu'il reproduit très-bien le phénomène dont je vous ai parlé tout à l'heure (fig. 213).

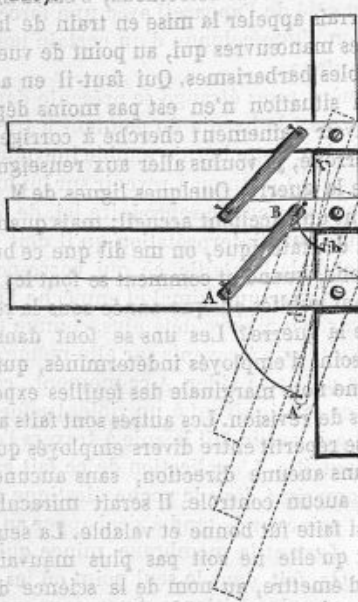


FIG. 213. — Appareil schématisé pour démontrer l'écartement des côtes par la contraction des muscles intercostaux.

La colonne vertébrale est représentée par une pièce de bois verticale sur laquelle trois pièces transversales sont articulées ; elles représentent des côtes. La direction des muscles intercostaux est figurée par celle de brides de caoutchouc fixées par des épingles sur les traverses de bois. Lorsque les côtes sont horizontales, comme dans la figure, elles laissent entre elles un grand intervalle, mais les insertions A, B, de la bride de caoutchouc sont moins éloignées l'une de l'autre que dans le cas où les côtes abaissées se rapprochent et se touchent entre elles. Dans ce cas, en effet, la bride de caoutchouc correspond à la diagonale d'un parallélogramme très-oblique. Or, la position de la bride élastique est celle que les intercostaux externes présentent par rapport aux côtes. La contraction de ces muscles agit donc pour relever les côtes comme agit dans notre schéma l'élasticité du caoutchouc.

MAREY.

— La suite très-prochainement. —

## BULLETIN SCIENTIFIQUE.

La discussion sur l'important travail de M. Broca, dont nous publions plus haut la première partie, s'est ouverte mardi dernier à l'Académie de médecine par un discours de M. Bergeron. Mardi prochain, on entendra M. Larrey et M. Guérin.

Lorsqu'on descend dans les particularités, dit M. Bergeron, on constate qu'à côté des progrès accomplis, il y en a beaucoup encore à faire. Si la population continue encore à s'accroître chaque année, la rapidité de cet accroissement tend néanmoins à diminuer dans une mesure très-appreciable. Il faut donc, pour atténuer les effets de cette tendance, chercher à diminuer la mortalité, surtout chez les enfants, qui doivent recruter la population productive.

A l'aide des documents qu'il a trouvés ensevelis dans les cartons académiques, — notamment des mémoires de M. Costa pour le Pas-de-Calais, de M. Bertrand pour l'Indre et le Cher, de M. Perny pour certains départements du Midi, — M. Bergeron a cherché à montrer que, dans le même département, des cantons quelquefois contigus fournissaient des résultats très-différents au point de vue de l'aptitude militaire, et qu'on trouvait l'explication de ces résultats dans la différence des conditions hygiéniques et telluriques.

Prenons le département de l'Indre. Tandis que l'aptitude militaire moyenne de la France est de 670 sur 1000 (c'est-à-dire que 1000 hommes examinés en fournissent 670 bons pour le service), elle n'est que de 610 pour ce département. L'accroissement de la population présente un résultat analogue : tandis qu'il est de 0,35 en moyenne pour la France, il tombe à 0,20 pour l'Indre. Ce sont là des différences considérables ; mais elles sont dues presque exclusivement à certains cantons. Ainsi, dans le canton de Mézières, l'aptitude militaire n'est que de 535 sur 1000, l'accroissement de la population de 0,10, et les exemptions pour infirmités s'élèvent à 320 pour 1000 ; au contraire, dans le canton de Levroux, l'aptitude militaire est de 695, l'accroissement de la population de 0,22, et les exemptions pour infirmités tombent à 254 : ce canton a donc une situation meilleure que la moyenne de la France. Quant au canton de Levroux et à ceux qui l'avoisinent, les tristes résultats qu'ils forment s'expliquent par l'état fort peu aisé de la population, l'infertilité du sol, etc.

Le Cher donne lieu à des remarques du même genre. Son aptitude militaire moyenne est de 611. Mais dans le canton d'Aubigny, l'aptitude militaire tombe à 522, et le chiffre des exemptions pour infirmités s'élève à 477 ; au contraire, dans le canton de Saucergue, l'aptitude militaire est de 656, et les exemptions pour infirmités de 343. Le canton d'Aubigny se trouve situé en pleine Sologne.

Dans le Pas-de-Calais aussi nous retrouvons les mêmes inégalités, seulement la situation générale est meilleure, sans être encore bien bonne. L'aptitude militaire moyenne de ce département est de 662, le nombre des exemptions pour infirmités de 292. Mais la comparaison des deux cantons de Saint-Omer donne : Canton nord, aptitude militaire, 741 ; exemptions pour infirmités, 227. Canton sud, aptitude militaire, 609 ; exemptions pour infirmités, 342.

Le propriétaire-gérant : GERMER BAILLIÈRE.

PARIS. — IMPRIMERIE E. C. MARTINET, RUE MIGNON, 2.



# REVUE DES COURS SCIENTIFIQUES DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

QUATRIÈME ANNÉE

NUMÉRO 23

4 MAI 1867

## COLLÈGE DE FRANCE.

## HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS.

COURS DE M. MAREY (1).

## III.

## La synthèse expérimentale dans les sciences naturelles.

Parmi les phénomènes mécaniques de la circulation du sang, il en est un certain nombre que l'on peut imiter d'une manière parfaite. Un schéma bien connu en Allemagne est celui de Weber : il montre comment s'accomplit le mouvement circulaire du sang dans ce vaste système clos que représentent le cœur et les vaisseaux (fig. 214).

Voici un tube élastique recourbé sur lui-même de manière à former un circuit complet, qu'on peut remplir de liquide au moyen de l'entonnoir *e*. En un point de ce tube, une partie *C* est limitée par deux soupapes qui toutes deux s'ouvrent dans le même sens. Cette portion du circuit correspondra au cœur. Dans le point diamétralement opposé à cette portion *C*, en *c*, est placé un tube de verre dans lequel une éponge est enfoncée avec force. C'est un obstacle opposé au trajet du liquide, devant lequel il exerce une résistance comme celle que les vaisseaux capillaires opposent au cours du sang.

Remplissons l'appareil de liquide ; le voici prêt à fonctionner. Si l'on exerce des pressions intermittentes sur la partie *C* qui représente le cœur, on chasse le liquide qui était renfermé, et on le fait passer dans la portion du tube où le jeu des soupapes lui permet de s'introduire, c'est-à-dire en *a*, *a'*. Sous l'influence d'impulsions fréquemment répétées, la portion où afflue le liquide se distend. C'est dans ces conditions que se trouve le système artériel chez les animaux, puisque le sang y est poussé sans cesse par les systoles du cœur gauche. On voit que le liquide acquiert dans cette partie du tube une pression considérable qui imite assez bien la pression du sang dans les artères.

L'éponge *c* laisse passer peu à peu le liquide de la partie

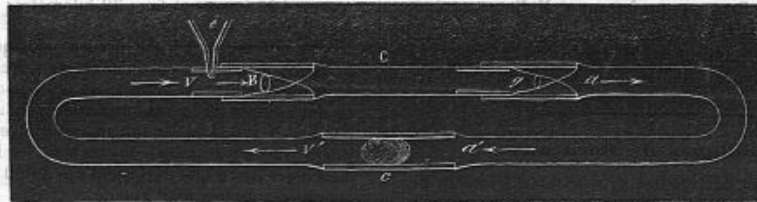


FIG. 214.

artérielle du tube dans la partie veineuse, c'est-à-dire dans la portion *v*' de l'appareil. Ce passage du liquide se fait d'une manière continue, malgré l'intermittence des impulsions que je donne au liquide. On trouve donc ici une imitation de ce phénomène qui se produit dans l'appareil circulatoire : je veux parler de la régularité du cours du sang dans les plus petits vaisseaux. Dans les deux cas, ce résultat est obtenu par l'effet de l'élasticité des conduits dans lesquels le liquide a circulé. C'est encore la même cause qui produit dans les pompes à incendie la régularité du jet, malgré les saccades du jeu de la pompe. Dans ces appareils on emploie une cloche pleine d'air sous laquelle le liquide arrive en sortant de la pompe, et l'on détruit ainsi les irrégularités de la force motrice.

Remarquez aussi que, sous l'influence des impulsions successives que je donne au liquide en pressant sur la partie *C*, la portion artérielle et la portion veineuse du circuit se trouvent dans des conditions de réplétion opposées : la pression artérielle se distendant toujours aux dépens de la portion veineuse qui se décompresse. C'est ainsi que les choses se passent aussi sur l'animal vivant, la réplétion du système artériel se faisant aux dépens du contenu des veines. Enfin, on peut voir que chaque impulsion donnée au liquide, par la compression du tube en *C*, communique à toute la colonne artérielle une pulsation analogue à celle que présentent les artères d'un animal vivant, et que cette impulsion s'éteint à l'extrémité de la partie artérielle, de sorte qu'elle manque entièrement dans la portion veineuse.

En résumé, le schéma de Weber reproduit d'une façon très-simple quelques-uns des principaux phénomènes de la circulation du sang.

1° Le circuit et le courant continu à travers tout le système des tubes. (Notons que dans cet appareil on a réduit la circulation à l'un des deux circuits qui la constituent chez les animaux supérieurs : il faut ici supposer qu'on n'a représenté que la grande circulation.)

2° La formation de deux pressions inégales, l'une assez élevée, celle du sang dans les artères ; l'autre plus basse, la pression veineuse.

3° La continuité du cours du sang dans les vaisseaux capillaires sous l'influence de l'élasticité des artères.

(1) Voyez les n°s des 23 mars, 6 et 13 avril 1867, p. 275, 296 et 318.



4° Enfin la pulsation qui se produit dans toutes les artères à chaque systole du cœur.

On pourrait imiter d'une manière plus parfaite les phénomènes hydrauliques du cours du sang; peut-être aurai-je plus tard l'occasion de vous montrer un appareil schématique que j'ai construit pour reproduire, avec leurs caractères physiologiques, la plupart des phénomènes de la circulation du sang. Le schéma de Weber me suffit pour le moment, puisqu'il montre déjà une reproduction synthétique d'actes qui se passent dans les êtres vivants.

A une époque où je faisais des recherches sur la circulation du sang, j'étais arrivé, par des considérations théoriques, à conclure que l'élasticité des artères produit sur le cours du sang d'autres effets encore que ceux qui viennent d'être démontrés avec le schéma de Weber, et que cette élasticité favorise le cours du sang en diminuant l'obstacle que le cœur rencontre à chacune de ses systoles.

En d'autres termes, que le cœur éprouve moins de peine à se vider dans des vaisseaux bien élastiques, qu'il n'en rencontrerait si le système artériel était formé de conduits rigides. Or, cet effet de l'élasticité artérielle était contesté par tous les physiologistes.

Les uns disaient avec Bichat, que la circulation se ferait dans des conduits inertes aussi bien que dans des tubes élastiques, avec cette seule différence que les vaisseaux inertes ne laisseraient sentir aucune pulsation. Les autres disaient, en s'appuyant sur l'expérimentation, que deux tubes, l'un élastique, l'autre inerte, laissent couler la même quantité de liquide, s'ils ont le même calibre. (Cela est parfaitement vrai, si l'écoulement du liquide se fait sous une charge constante; mais cela cesse d'être vrai, si l'afflux du liquide se fait d'une manière intermittente, comme c'est le cas pour la circulation du sang.)

Enfin, certains physiologistes, frappés de la régularité du cours du sang dans les petits vaisseaux, avaient considéré l'élasticité des artères comme une force additionnelle qui pousse le sang dans les artères pendant le repos du cœur. Mais ceux-là encore avaient tort, et l'on pouvait avec Bérard réfuter leur opinion, en disant que la force élastique des artères n'est en réalité qu'une *force d'emprunt*, et que le cœur est le seul agent impulsif qui ait un rôle actif dans la circulation.

Et cependant je maintiens ma proposition : l'élasticité des artères est favorable au cours du sang, mais elle n'agit pas comme force impulsive. Elle diminue les résistances que le cœur éprouve lorsqu'il pousse le sang dans les vaisseaux.

Voici l'appareil schématique qui me permettra de démontrer cette proposition.

Un vase de Mariotte V (fig. 215) est élevé sur un support. De ce vase se détache un large conduit muni d'un robinet R. Ce tube se bifurque au point T, et chacune de ses branches se continue par un long conduit. L'un est élastique *b b'*; il est fait de caoutchouc mince; l'autre est de verre, *a a'*, et par conséquent rigide. Une soupape placée à l'origine du tube

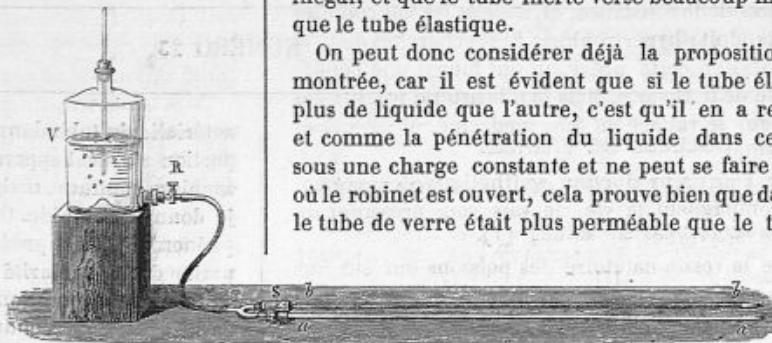


FIG. 215.

élastique permet au liquide de pénétrer à son intérieur librement, mais s'oppose à tout reflux en sens inverse.

Les deux tubes ont bien le même débit; on peut s'en convaincre en ouvrant le robinet R, et en laissant s'établir un écoulement continu. Mais si l'on ouvre et ferme alternativement le robinet, on voit d'abord que l'écoulement par le tube inerte est intermittent pendant qu'il est continu par le tube élastique; mais on reconnaît aussi que le débit devient très-inégal, et que le tube inerte verse beaucoup moins de liquide que le tube élastique.

On peut donc considérer déjà la proposition comme démontrée, car il est évident que si le tube élastique a versé plus de liquide que l'autre, c'est qu'il en a reçu davantage; et comme la pénétration du liquide dans ces tubes a lieu sous une charge constante et ne peut se faire qu'au moment où le robinet est ouvert, cela prouve bien que dans ces instants le tube de verre était plus perméable que le tube élastique.

Mais on peut se rendre un compte plus exact de ce qui se passe dans ces conditions, en examinant non plus ce qui sort des tubes, mais ce qui y pénètre.

Le vase de Mariotte employé comme source d'afflux nous fournit justement le moyen de connaître ce qui pénètre dans chacun des tubes à un moment donné, car il ne peut sortir du vase la moindre quantité de liquide sans que la rentrée d'une quantité d'air plus ou moins considérable indique ce qu'il est sorti de liquide. Or, si l'on fait couler le liquide par le tube élastique seul, ou par le tube de verre, on voit que dans ces deux cas le vase de Mariotte accuse des débits bien différents. Si l'écoulement se fait par le tube inerte seul, on voit les bulles d'air entrer dans le vase de Mariotte une à une, à des intervalles réguliers, jusqu'à ce qu'on supprime l'écoulement, ce qui arrête du même coup la rentrée des bulles.

Si, au contraire, fermant le tube inerte, on fait commencer l'écoulement dans le tube élastique seul, on voit aussitôt une masse d'air se précipiter dans le vase, annonçant qu'un flot de liquide s'est échappé dans le premier instant; puis, les bulles deviennent plus rares, et ne rentrent plus qu'avec la lenteur qu'elles présentaient dans le cas d'écoulement par le tube inerte. A ce moment, qu'on ferme le robinet; il est clair que le tube élastique a reçu de plus que le tube inerte toute cette quantité de liquide qui correspondait à l'arrivée d'un grand volume d'air au commencement de l'expérience. C'est cet excès de liquide qui donnera lieu à un écoulement plus ou moins durable après la clôture du robinet. Toute cette quantité d'eau logée dans la distension du tube constitue l'avantage du tube élastique au point de vue de l'afflux. Si ce tube permet plus facilement la pénétration de l'eau à son intérieur, c'est que cette eau n'a pas besoin, comme dans le tube inerte, de vaincre tous les frottements et de s'écouler au dehors, mais qu'elle se loge dans le tube à la faveur de son extensibilité.

A chaque fois qu'on répètera ces ouvertures intermittentes du robinet, on créera un nouvel avantage en faveur du tube élastique. Enfin, la théorie nous apprend que pour rendre aussi inégal que possible l'écoulement par ces deux tubes, il



faut que le robinet soit ouvert très-peu de temps à chaque fois, et que les intervalles entre chaque ouverture soient le plus grands possible.

La démonstration de cet effet jusqu'alors inconnu de l'élasticité des artères présentait une grande importance ; elle m'a permis de tirer des conclusions nouvelles, et d'établir, par exemple, que si les artères perdent leur élasticité, comme cela arrive normalement chez les vieillards, le cœur doit en éprouver un surcroît de résistance, et, d'après les lois connues de la pathologie, doit s'hypertrophier. Les recherches que j'ai faites pour contrôler cette prévision ont fourni une confirmation complète de la théorie. Mais je n'insisterai pas sur ces particularités, qui se rattachent à la médecine, et m'écarteraient de mon sujet.

Pour revenir à la reproduction synthétique des phénomènes qui accompagnent la vie, je vais vous présenter un dernier exemple de synthèse.

Les usages de la vessie natatoire des poissons ont été fort controversés ; la plupart des naturalistes considèrent toutefois cet organe comme capable de modifier le volume du poisson, et par conséquent sa densité, de manière à le rendre tantôt plus léger que l'eau, ce qui le fait remonter à la surface, et tantôt plus lourd que l'eau, ce qui lui permet de plonger à de grandes profondeurs.

Dans ces dernières années, M. Moreau reprit ces études et les poussa beaucoup plus loin qu'on ne l'avait fait avant lui. Il fut frappé tout d'abord de cette circonstance, qu'un poisson pêché en mer à une grande profondeur, se gonfle et éclate parfois quand il est amené à la surface de l'eau, et que dans ces conditions il surnage malgré lui, parce qu'il est devenu beaucoup moins dense que l'eau de la mer. La force élastique de l'air de la vessie natatoire, combattue dans les conditions normales par la charge d'une colonne d'eau extrêmement haute, amène une distension énorme du poisson, si la pression vient à diminuer ; et celui-ci, devenu beaucoup moins dense que l'eau, vient flotter à la surface. Il suit de là que le poisson qui vit normalement à de grandes profondeurs en mer ne peut impunément s'élever au-dessus d'une certaine altitude, sous peine d'être entraîné à la surface par l'expansion des gaz de sa vessie natatoire.

Cette déduction théorique implique une réciproque : c'est que le poisson ne saurait descendre à une profondeur plus grande que celle pour laquelle sa vessie natatoire est adaptée. S'il s'aventure à une plus grande profondeur, les gaz de sa vessie subiront une compression plus grande, la densité de l'animal sera augmentée, et le poisson sera précipité indéfiniment, jusqu'au fond de la mer, d'où il ne pourra plus se relever, à moins de sécréter à l'intérieur de sa vessie une nouvelle quantité de gaz qui la distende malgré l'énorme pression qu'elle subit.

La théorie nous apprend donc qu'un poisson n'est apte à vivre qu'à une certaine profondeur ; qu'il ne peut sortir brusquement d'une certaine zone que lui assigne l'état de sa vessie natatoire ; que s'il sort de cette zone dans laquelle il possède à peu près la même densité que l'eau, il est entraîné indéfiniment, soit à la surface, soit vers le fond de la mer. Le raisonnement nous montre en outre que l'animal peut étendre dans certaines limites cette zone qui lui est assignée, s'il a le pouvoir de comprimer ou de relâcher sa vessie natatoire, c'est-à-dire de modifier par lui-même sa densité, soit dans un sens, soit dans l'autre. Enfin, on conçoit

que le poisson puisse, par les mouvements de ses nageoires, lutter dans de certaines limites contre les influences de sa propre densité, ce qui agrandit encore la zone dans laquelle il peut vivre.

Toutes ces déductions théoriques peuvent ne pas sembler évidente à première vue ; le contrôle expérimental paraît indispensable. On sait déjà, par l'expérience que je viens de rappeler, qu'un poisson amené d'une certaine profondeur à la surface de la mer surnage malgré lui ; mais ce que personne n'a pu voir, c'est le phénomène inverse : c'est le poisson précipité au fond de la mer.

Un schéma très-simple va rendre ce phénomène parfaitement évident. Cet appareil (fig. 216) est analogue au ludion, bien connu de tout le monde. Il est formé d'une vessie de caoutchouc pleine d'air, soutenant au-dessous d'elle un poids gradué de manière à donner au système une densité totale analogue à celle de l'eau. Cet appareil est placé dans une éprouvette de verre assez longue pour que la colonne liquide représente une pression un peu forte, lorsque le ludion sera plongé à une certaine profondeur. On règle le volume de l'air contenu dans la boule de telle sorte que le ludion, lorsqu'il est à fleur de l'eau, soit un peu moins dense que le liquide et qu'il émerge d'une certaine quantité. Je l'enfonce maintenant à une faible profondeur ; il est encore moins dense que l'eau et tend à surnager. Je l'enfonce un peu plus profondément ; il reste à peu près immobile dans la zone où je l'ai placé : cela veut dire que sa densité est égale à celle de l'eau. C'est ainsi qu'il est représenté dans la figure. Je l'enfonce plus profondément ; vous voyez qu'à présent il tend à descendre de lui-même : il est devenu plus dense que l'eau.

Voilà donc un nouvel exemple de reproduction synthétique des phénomènes qui se passent chez les animaux vivants. On pourrait citer encore bien des exemples. J'ai voulu seulement faire ressortir l'utilité de cette méthode, et vous montrer combien il est important de l'étendre davantage. J'ajouterai que si l'on construit soi-même un schéma, les idées vagues que l'on avait d'abord se précisent et se développent. Presque toujours il s'en présente de nouvelles, on se pose des problèmes qu'on est impatient de vérifier par de nouvelles expériences. En somme, ce travail manuel de la construction des schémas, loin d'absorber la pensée, la soutient au contraire, et la dirige plus sûrement en lui présentant à chaque instant un contrôle expérimental.

Une objection ne manquera pas d'être faite par ceux qui prétendent qu'il y a chez les êtres vivants des propriétés, dites vitales, tout à fait particulières. Ceux-là vous diront que la synthèse reproduit bien les phénomènes physiques qui accompagnent la vie, mais qu'elle est incapable d'imiter les phénomènes *vitaux*. Je répondrai, pour ma part, que je

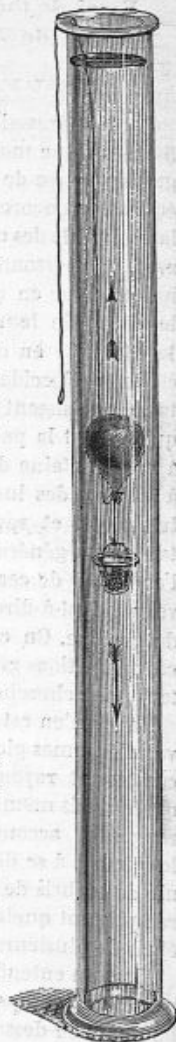


FIG. 216.



ne connais pas les phénomènes vitaux, que je ne constate que deux sortes de manifestations de la vie : celles qui sont intelligibles pour nous, elles sont toutes d'ordre physique ou chimique, et celles qui ne sont pas intelligibles. Pour ces dernières, il vaut mieux avouer notre ignorance que de la déguiser derrière des semblants d'explications.

MAREY.

### LES ÉTOILES FILANTES (1).

#### Essai de théorie générale d'après les travaux de M. Newton (des États-Unis).

##### IMPORTANCE DE LA THÉORIE DES ÉTOILES FILANTES.

Est-il nécessaire de décrire le phénomène des étoiles filantes en ce moment, au lendemain, pour ainsi dire, de la grande averse de 1866, à la veille peut-être de chutes plus éclatantes encore ? Nous ne saurions le croire en présence de la multitude des météores qui viennent se montrer à nos horizons. Les personnes qui n'ont point été assez favorisées par le hasard pour en apercevoir sans y songer plusieurs fois dans le cours de leur vie, n'ont, pour ainsi dire, qu'à lever la tête pour en observer dans tous les azimuts, à l'orient comme à l'occident, au sud comme au nord. Que ces retardataires choisissent une nuit claire, lorsque la lune est nouvelle, qu'ils aient la patience de regarder pendant quelque temps, à une trentaine de degrés du zénith, ils ne tarderont point à admirer des lueurs toujours très-rapides, presque toujours très-vives, et revêtues quelquefois des teintes les plus éclatantes. En général, aucun phénomène ne précède ni ne suit l'approche de ces météores. Ils disparaissent comme ils sont venus, c'est-à-dire en silence, et avec une rapidité qui tient du prodige. On comprend que les poètes aient cru voir dans ces apparitions gracieuses les âmes des morts qui nous quittent pour chercher un refuge dans un monde meilleur.

Mais il n'en est pas toujours ainsi. Quelquefois on voit arriver d'énormes globes de feu, comparables aux plus brillantes comètes et rayonnant un éclat supérieur à celui de la lune, quelquefois même à celui du soleil. Ces météores de premier rang sont accompagnés d'une traînée lumineuse, qui reste longtemps à se dissoudre dans l'espace et qui semble provenir des débris de leur combustion ; ces cendres étincelantes remplissent quelquefois un volume immense, long, large et épais de plusieurs kilomètres.

Alors on entend le bruit d'explosions formidables, de roulements longtemps répétés, qui se produisent à d'immenses hauteurs au-dessus de nos têtes. Très-souvent on ramasse à la surface de la terre les débris brûlants tirés de la substance de ces météores, et dont il est facile de déterminer la nature tout à fait étrangère à celle des roches qui les entourent. Dans certains cas même il est permis de suivre la trajectoire enflammée produite par le passage de ces projectiles dans les airs.

L'époque à laquelle ces grandioses phénomènes viennent surprendre les observateurs est tout à fait incertaine. Les bolides de premier rang paraissent échapper encore à toute prévision rationnelle ; nous pouvons penser qu'il s'écou-

lera bien des siècles avant que l'on puisse arriver à quelque exactitude à cet égard.

Mais les étoiles filantes nous offrent, en outre, des spectacles pour ainsi dire réguliers et qui sont à peine moins grandioses. Ces fêtes des étoiles filantes se reproduisent tous les ans avec la régularité d'un phénomène astronomique. Elles se célèbrent chaque fois que notre globe retourne à certains points déterminés de son orbite.

Bien plus, M. Newton a démontré, par les observations des météores de novembre, que le nœud de l'orbite de ces essaims de météores est indépendant de la précession des équinoxes, c'est-à-dire des inégalités séculaires qui affectent la course de la terre dans les espaces planétaires.

Si le temps est favorable lors de ces magnifiques échéances, les amis de la nature jouiront d'un spectacle dont rien n'égale la splendeur.

Plus d'une fois les étoiles filantes, se montrant sur les hautes terres mexicaines, ont dû distraire nos soldats des ennuis qu'ils ont rencontrés dans la fondation d'un empire aussi lointain que pénible à établir.

Des légions innombrables de globes de feu sont vomies par des cratères invisibles qui planent à des hauteurs cinquante fois, cent fois plus grandes que l'altitude du mont Vésuve. Pour comble de merveille, ces centres mystérieux semblent rester immobiles au milieu des étoiles dont ils partagent le mouvement apparent. Ces volcans aériens défient les théories classiques, car ils vomissent leurs laves étincelantes dans les profondeurs mêmes du vide planétaire.

On ne sera pas étonné que les théologiens du moyen âge aient vu dans ces manifestations périodiques des forces génératrices du monde, les larmes brûlantes de saint Laurent ou celles des onze mille vierges. On pardonnera aux commentateurs de l'Apocalypse d'avoir méconnu le rôle des étoiles filantes, qui, nous enrichissant d'éléments nouveaux, continuent sans relâche l'œuvre de la Genèse. On trouvera tout naturel qu'ils aient rangé la chute des météores ignés au nombre des principaux prodiges devant annoncer la fin des temps, lorsque le Fils de l'homme viendra juger les vivants et les morts. En effet, les auteurs qui résument les croyances vulgaires ne peuvent réagir contre les terreurs naturelles à des peuples ignorants et superstitieux, toutes les fois qu'ils aperçoivent quelque chose de grand dans le règne de la nature.

Mais ce qui est difficilement explicable, c'est la trop longue abstention de la science officielle. Par suite de quel aveuglement peut-on comprendre qu'aucune mention ne soit faite de ces grands phénomènes périodiques d'août et de novembre dans les innombrables traités d'astronomie qui ont paru avant la fin du siècle dernier ? Pourquoi l'auteur de la *Mécanique céleste* se borne-t-il à exécuter des calculs sommaires pour montrer dédaigneusement que les aérolithes tombent de la lune, et que l'on peut considérer notre humble satellite comme un voisin impertinent qui nous jette des pierres ? C'est que la routine est un obstacle plus difficile encore à briser peut-être que la superstition elle-même. C'est qu'il faut mille démonstrations répétées pour faire pénétrer la lumière de la vérité dans l'esprit qui croit avoir découvert l'explication du système du monde, et qui raconte les créations des globes avec autant d'assurance que si ses formules pouvaient les lancer dans les espaces : croirait-il que ses intégrales définies ont la puissance de tirer la matière du milieu infini dans le

(1) Voyez, dans notre numéro du 6 avril 1867, page 289, une conférence de M. Stanislas Meunier sur les pierres qui tombent du ciel.