

Bibliothèque numérique

medic@

Marey, Etienne-Jules. - Histoire naturelle des corps organisés. [Cours du Collège de France]. II. Rôle de l'analyse des sciences. Puissance qu'elle emprunte à l'emploi d'instruments perfectionnés

In : Revue des cours scientifiques de la France et de l'étranger, 1867, IV, p. 296-301



(c) Bibliothèque interuniversitaire de médecine (Paris)
Adresse permanente : <http://www.bium.univ-paris5.fr/histmed/medica/cote?marey074>

VI

Il semble que nous soyons sur la terre comme en une prison perpétuelle ; à jamais séparés du reste du monde, et ne pouvant acquérir, sur celui-ci, que des notions du genre de celles que les hommes en ont eues de tout temps, les notions que la vue simple ou aidée des verres grossissants est en état de nous procurer. Il semblait que les philosophes dans leurs spéculations, et les poètes dans leurs rêveries, pussent seuls avoir le privilége de se soustraire à cette servitude et à cette impuissance, et sans profit pour la science, sans autre résultat possible que de calmer, en la trompant sur les points où l'on eût pu croire impossible de la satisfaire, cette soif de connaissance qui est notre attribut le plus élevé. Que le voyage du soleil pût être un jour entrepris, non plus sur les ailes de l'imagination, mais avec les moyens de la science, voilà qui passe toutes les espérances de nos ancêtres, et voilà cependant, en quelque manière, ce qui s'est fait de nos jours.

Munis d'instruments merveilleux, des hommes ont pu, non pas distinguer les habitants des astres, mais soumettre ceux-ci à l'analyse chimique la plus délicate, en examinant simplement d'une certaine façon la lumière que ces astres nous envoient.

Il n'est pas de mon sujet d'expliquer cette splendide découverte due à MM. Kirchhoff et Bunsen, et qui a reçu le nom d'*analyse spectrale* ; mais je dirai en quelques mots le grand résultat qu'elle a fourni.

Au moyen du spectroscope, on a reconnu, dans le soleil, la présence du fer, du magnésium, du chrome, du potassium et du sodium. Les recherches n'ont montré ni le zinc, ni l'argent, ni l'antimoine, ni le cuivre, ni l'aluminium, ni le cobalt, ce qui peut tenir simplement à ce que ces corps n'existent dans l'astre qu'en très-petite proportion, ou encore à ce que la méthode, si merveilleuse qu'elle soit, n'est pas assez parfaite pour ne rien laisser échapper : M. Nicklès a, par exemple, signalé un cas dans lequel le spectroscope est tout à fait en défaut. Mais le fait sur lequel il faut insister ici, c'est que rien ne laisse soupçonner, dans les astres qui ont été étudiés, la présence de corps étrangers à notre globe.

Que résulte-t-il de là ? Évidemment, que la terre, les autres planètes et le soleil, sont formés des mêmes matériaux, ou, en d'autres termes, qu'il y a unité de composition chimique entre les divers membres du système solaire.

Mais le moyen d'investigation que fournit l'analyse spectrale ne peut s'appliquer qu'aux corps lumineux. Or, le système solaire en renferme certainement d'autres, comme le prouvent de très-nombreuses observations, parmi lesquelles il faut citer celles qui se rapportent à des obscurcissements du soleil. C'est ainsi que Humboldt cite un phénomène de ce genre qui eut lieu en 1547 et dura trois jours. « Kepler, ajoute M. de Humboldt, voulut en chercher la cause d'abord dans l'interposition d'une *materia cometica*, puis dans un nuage noir que des émanations fuligineuses, sorties du corps même du soleil, auraient contribué à former. Chladni et Schnurrer attribuaient au passage de masses météoriques devant le disque du soleil les phénomènes analogues des années 1090 et 1208, qui durèrent moins longtemps, le premier pendant trois heures, le second pendant six heures seulement. » Arago (*Oeuvres*, t. IX, p. 38) rapporte que le 17 juin 1777, Meissier vit, vers midi, passer sur le soleil, pendant cinq minutes, un nombre prodigieux de globules noirs.

Ces corps planétaires opaques offrent-ils, eux aussi, la même composition que le reste du système ? La question resterait sans réponse sans les météorites, que nous devons considérer comme des échantillons de ces corps obscurs.

Or, quand on étudie avec attention les différents types que nous avons distingués, on trouve qu'ils ne renferment aucun corps étranger à notre planète. Vingt-deux éléments y ont été décelés, et tous existent à la surface de la terre. Il y a plus : les corps simples les plus abondants dans les météorites, savoir, le fer, le silicium et l'oxygène, sont aussi ceux qui prédominent à la surface de la terre.

La comparaison peut être poussée plus loin. Les météorites renferment un certain nombre d'espèces minéralogiques que l'on rencontre aussi dans les roches terrestres. Le périclit, le pyroxène, le feldspath anorthite, la pyrite magnétique, le fer chromé, l'eau, le graphite, la breunérite, etc., doivent être cités comme exemples.

Enfin on observe parfois, entre ces minéraux, qu'ils nous viennent du ciel ou que nous les empruntons à l'écorce terrestre, des associations identiques dans les deux cas. Par exemple, la météorite de Chassigny, qui est formée, comme je l'ai dit, de périclit à peu près pur, renferme de petits grains de fer chromé. Elle reproduit ainsi, d'une manière rigoureuse, la composition de quelques roches terrestres, parmi lesquelles il faut citer la dunite, qui, d'après Hochstetter, forme, à la Nouvelle-Zélande, toute une chaîne de montagnes. Comme second exemple, disons que certaines météorites aluminées, telles que celles de Juvinala et de Jonzac, sont constituées par un mélange de pyroxène et d'anorthite, exactement comme les laves de la Thjorza, volcan d'Islande.

Il serait impossible de confirmer plus pleinement les idées avancées plus haut sur l'unité de composition du système solaire. Cette confirmation a d'autant plus d'importance, qu'elle donne en quelque sorte une sanction expérimentale à la célèbre hypothèse de Laplace, hypothèse d'après laquelle tous les corps de notre système furent, à l'origine, confondus dans une même nébuleuse de constitution homogène.

STANISLAS MEUNIER,
Aide-naturaliste de géologie au Muséum d'histoire naturelle.

COLLÉGE DE FRANCE.

HISTOIRE NATURELLE DES CORPS ORGANISÉS.

COURS DE M. MAREY (1).

II

Rôle de l'analyse dans les sciences. — Puissance qu'elle emprunte à l'emploi d'instruments perfectionnés.

Messieurs,

J'ai essayé de vous montrer que l'esprit humain procède dans toutes les sciences à peu près de la même manière, de sorte que, pour chacune d'elles, le progrès se traduit par une évolution presque semblable.

J'espère vous prouver aussi que les sciences, en se développant, se rapprochent les unes des autres, de façon à se per-

(1) Voyez le n° 17 (23 mars 1867), p. 257. — Voyez aussi une conférence de M. Marey sur le mouvement chez les animaux, p. 209, et dans notre tome III (1866) un cours entier du même professeur.

fectionner mutuellement, chacune d'elles éclairant certaines autres. Vous savez comment la zoologie et la botanique ont fourni à la géologie un précieux élément de progrès en lui révélant un des caractères les plus précieux pour reconnaître l'âge relatif des différents terrains. Ce caractère est emprunté à la détermination des espèces fossiles dont quelques-unes caractérisent, pour ainsi dire, certaines époques géologiques.

La physique et la chimie ont tant de points de contact, qu'il est presque inutile de les faire ressortir ; on peut prévoir le moment où ces deux sciences ne pourront plus être séparées l'une de l'autre, la chimie ne constituant pour ainsi dire que la physique moléculaire. Mais la physique et la chimie exercent d'autre part une influence chaque jour croissante sur les sciences naturelles. La physiologie animale ou végétale ne peut se passer de leur secours ; on peut même dire que tout ce que nous connaissons bien dans ces deux sciences, c'est ce qui s'explique au moyen des lois de la physique et de la chimie. Les exemples viendraient en foule, s'il en fallait fournir. Ainsi les phénomènes mécaniques de la respiration étaient inintelligibles avant que la pression atmosphérique ait été découverte. Les anatomistes et les physiologistes s'étonnaient de voir l'air se précipiter dans la plèvre lorsqu'on pèrce le diaphragme ou la paroi de la poitrine sur un animal mort ou vivant ; il n'y a plus aujourd'hui rien d'obscur dans la nature de cet effet. La même cause explique aussi beaucoup de phénomènes relatifs à l'échange qui se produit sans cesse entre les gaz du sang et l'air atmosphérique, à l'action de la respiration sur le cours du sang, etc. — La mécanique éclaire les phénomènes musculaires, et en général tous les mouvements produits par les animaux. La circulation du sang emprunte à l'hydrodynamique l'explication de tout ce qui est relatif au mouvement du liquide sanguin. — Sans la chimie, quelles notions posséderions-nous sur les fonctions digestives, sur le rôle de la respiration, sur la fonction des glandes ? — L'optique et l'acoustique, dans les livres de physiologie comme dans ceux de physique, sont traitées de la même manière. — Enfin, les lois de l'électricité prennent chaque jour plus d'importance dans l'interprétation des phénomènes nerveux.

Tout cela prouve la solidarité des sciences ; tout cela montre qu'il faut les séparer le moins possible, et que par conséquent il faut tendre à les simplifier, à les formuler en lois générales pour les rendre facilement accessibles à chacun.

Un point très-important, car il décide du succès ou de l'échec dans les recherches scientifiques, c'est le choix d'une bonne méthode. A ce sujet, je dois vous mettre en garde contre une erreur trop commune. On est généralement habitué par les procédés de démonstration usuels à passer du simple au composé, à partir d'un principe bien établi pour arriver, de déductions en déductions, à la démonstration de propositions plus complexes. C'est ainsi que l'on démontre successivement tous les théorèmes de la géométrie ; mais est-ce par la même méthode qu'une science s'établit ? Vous savez tous qu'il n'en est pas ainsi, car vous voyez comment procèdent tous ceux qui font des découvertes dans les sciences naturelles. Ils observent un grand nombre de faits, les comparent, les rapprochent, recherchent les conditions qui modifient chaque phénomène, et ne parviennent qu'en dernier lieu à trouver un principe ou une loi qui guide l'intelligence au milieu de toute cette complexité.

Une science qui nous touche de près, puisqu'elle étudie les troubles qui surviennent dans les fonctions de la vie, la mé-

decine, a été pendant bien longtemps égarée par cette fausse méthode qui a produit les *systèmes*. On partait d'un principe que l'on supposait vrai, et puis, avec la plus irréprochable logique, on entassait déductions sur déductions, jusqu'au moment où l'erreur devenait si visible, que tout s'écroulait à la fois. On recommençait alors. Une pure métaphore avait fait tout ce mal. « On prétendait construire la science, et l'on cherchait la pierre angulaire qui devait soutenir tout l'édifice. » Mais d'abord, de quel droit prend-on pour cet usage telle pierre plutôt que telle autre parmi tant de matériaux ? Qui prouve que celle-ci soit vraiment la base de l'édifice ? Rien, assurément.

S'il fallait absolument une métaphore, j'aimerais mieux comparer l'étude des sciences naturelles au travail des archéologues qui déchiffrent des inscriptions écrites dans une langue inconnue ; qui essayent tour à tour plusieurs sens à chaque signe, s'aidant à la fois des conditions dans lesquelles chaque inscription a été trouvée, et de l'analogie qu'elle présente avec des inscriptions déjà connues, et n'arrivent enfin qu'en dernier lieu à la connaissance des principes à l'aide desquels ils enseigneront à d'autres à déchiffrer cette langue.

En toute science, le progrès ne s'obtient que par l'emploi de certains procédés qui sont comme de puissants leviers au service de l'esprit humain : l'*analyse*, qui sert à la recherche, et la *synthèse*, qui s'emploie pour vérifier les résultats de l'*analyse* ou pour exposer avec plus de simplicité une vérité qu'on a découverte. Mais tout est perfectible, jusqu'aux moyens dont nous disposons pour réaliser de nouveaux progrès ; permettez-moi donc d'exposer sommairement les ressources actuelles de l'*analyse* et de la *synthèse*, dont nous aurons si souvent occasion de faire usage.

L'*analyse* consiste à réduire à ses éléments les plus simples un phénomène trop complexe pour être saisissable. Si la multiplicité des actes simultanés offusque notre esprit, nous nous efforçons d'abstraire l'un de ces actes, nous l'observons de notre mieux ; puis, passant à un autre, nous l'étudions de la même manière. Ainsi, vaincre successivement les obstacles qui se présentent, et dont l'ensemble résistait à nos efforts, tel est le rôle de l'*analyse*, telle est la source de sa puissance.

Mais, dans cette lutte de détails, des difficultés d'un autre ordre se présentent encore ; elles tiennent à l'insuffisance de nos sens, auxquels échappent les objets trop petits ou trop grands, trop rapprochés ou trop éloignés, les mouvements trop lents ou trop rapides. L'homme a su se créer des sens plus puissants pour atteindre la vérité qui le fuit ; il a rendu sa vue plus perçante à l'aide du télescope, qui sonde l'immensité de l'espace, et du microscope, qui explore l'infiniment petit. La balance et le compas en main, il estime avec précision le poids et le volume des corps, ce que son toucher ne lui indiquait que d'une manière grossière. Plus une science a progressé, plus il lui a fallu d'instruments, car elle a dépassé les horizons qu'embrassaient les regards de nos devanciers. Elle a franchi les limites du cercle dans lequel s'est agité longtemps l'esprit humain, s'épuisant à contempler la superficie des mêmes objets, usant dans une dialectique stérile la puissance qu'il emploie aujourd'hui à des observations rigoureuses.

Les instruments sont les intermédiaires indispensables entre l'esprit et la matière ; le physicien, le chimiste, l'astronome, ne peuvent rien sans leur secours. L'anatomiste, le physiologiste, le médecin, ont aujourd'hui recours à l'emploi d'instru-

ments, au grand profit de la science médicale. L'invention des injections cadavériques et celle du microscope ont inauguré une ère nouvelle pour l'anatomie, qui doit à leur emploi la perfection qu'elle a atteinte de nos jours. La physiologie procède de même : les manomètres, les thermomètres, des machines électriques variées, les appareils enregistreurs, etc., permettent au physiologiste de substituer l'expérimentation proprement dite à l'observation, toujours plus lente et souvent impuissante à découvrir les lois qui régissent la vie.

Pour faire ressortir les progrès réalisés déjà dans la méthode d'analyse, et pour montrer la multiplicité des ressources dont elle dispose, prenons quelques exemples.

En chimie, lorsqu'il s'agit de reconnaître la nature de certains corps engagés dans une combinaison ou dans un mélange, on arrive par l'analyse qualitative à dégager chacun de ces corps et à les isoler successivement. Ensuite, par l'analyse quantitative, on détermine en quelle quantité chaque substance existait dans le mélange. Dans ce dosage, la balance intervient ; c'est déjà un appareil emprunté à la physique, qui vient aider le chimiste dans ses déterminations. Mais l'intervention de la physique ne s'arrête pas là. En vertu de cette solidarité des sciences dont je vous parlais tout à l'heure, le chimiste emprunte au physicien d'autres instruments encore.

Supposons que nous ayons une solution d'un sel connu dont nous ignorons le degré de concentration. Nous n'aurons pas besoin de détruire le mélange et d'en extraire le sel pour le peser ensuite ; nous chercherons au moyen de l'*aréomètre* la densité de ce mélange, et connaissant la densité propre au sel qui y est en dissolution, nous calculerons facilement la quantité de ce sel qui y est renfermée. — Si dans une autre solution se trouvent à la fois des matières cristallisables, et d'autres qui ne le sont pas, l'emploi du *dialyseur* permet d'effectuer leur séparation. C'est encore un appareil de physique mis au service de la chimie. — Le *polarimètre* est encore d'une grande utilité, puisqu'il permet d'apprécier en un instant l'existence de certaines substances contenues dans une solution, et d'en déterminer la proportion avec une rigueur extrême. Enfin, le *spectroscope* vient d'ajouter une puissance nouvelle à la chimie : il a étendu le domaine de l'analyse chimique au delà du monde que nous habitons, en nous permettant, d'après les caractères optiques de la lumière des astres, d'apprécier leur composition chimique et d'affirmer, par exemple, que dans le soleil il doit y avoir du fer, de l'azote, du cobalt, etc.; que dans l'étoile Aldébaran il existe du sodium, du magnésium, du calcium, du fer, du mercure, de l'hydrogène, etc. Ainsi la science a réalisé au moyen de l'analyse des merveilles que l'imagination la plus hardie n'eût jamais osé concevoir.

En physique, le rôle de l'analyse n'est pas moins étendu. En effet, c'est en employant des appareils dont chacun décèle certaines propriétés de l'électricité, de la lumière, de la chaleur, etc., que nous sommes arrivés à nous former une idée de la façon dont ces agents se comportent dans la nature. Le physicien renonce à connaître leur essence comme nous renonçons à connaître l'essence de la vie, mais il définit chaque agent d'après ses manifestations.

L'électricité, qui se révèle à nous dans les grands effets météorologiques, dans la production de la foudre et des aurores boréales, par exemple, échappe partout ailleurs à nos

sens, et pourtant on peut montrer que partout dans la nature l'électricité existe. L'*électroscopie* la décèle dans l'atmosphère qui nous entoure. Le *galvanomètre* nous montre que des courants électriques se forment, pour ainsi dire, partout où un acte s'accomplit : de l'eau qui s'évapore, une plante qui végète, un animal qui vit, donnent lieu à des phénomènes électriques que nos sens ne peuvent directement apprécier, mais que nous rendons saisissables au moyen d'instruments d'analyse. Les expressions de *courants électriques*, de *forces électro-motrices*, celles d'*intensité* et de *tension* de l'électricité, sont des artifices de langage qui servent à faire concevoir plus facilement les conditions dans lesquelles se produisent et se modifient tous les phénomènes dits électriques. Mais plus les faits connus se multiplient par les recherches analytiques, plus on voit la science se dégager des entraves du langage et sacrifier les expressions qui ne lui sont plus utiles. C'est ainsi que l'hypothèse des deux fluides électriques, l'un *positif*, l'autre *négatif*, tend aujourd'hui à disparaître.

Ce que nous connaissons sur la *lumière* a été acquis par la même méthode : nous savons la décomposer par le *prisme* en divers éléments, les uns colorés de différentes manières, les autres invisibles, mais doués de chaleur ou de propriétés chimiques. La théorie de la lumière nous fournit même un bel exemple de la disparition d'une hypothèse en présence des faits contradictoires. Vous savez que l'hypothèse du rayonnement a disparu en présence du phénomène des interférences, et qu'elle a fait place à la théorie des ondulations, qui seule explique tous les phénomènes actuellement connus.

Ainsi les agents physiques se caractérisent chaque jour d'une manière plus complète, et se définissent de mieux en mieux par les caractères que révèle leur analyse. Je ne suivrai pas les progrès réalisés par la méthode analytique dans la connaissance du magnétisme, de la chaleur, du travail mécanique, etc. Je me borne à répéter à ce sujet que la solidarité des sciences augmente toujours en raison des progrès réalisés. Pour les différentes branches de la physique, la fusion s'accomplit de nos jours. Elle se traduit par la grande conception de l'*équivalence des forces* et de la transformation du travail mécanique en chaleur ou en électricité.

Le naturaliste qui ne se contente pas d'observer les formes si variées de l'organisation dans les animaux et dans les plantes, doit procéder comme le physicien et le chimiste, s'il veut saisir les conditions de la vie. Son premier moyen d'analyse des phénomènes, c'est la *vivisection*. C'est par elle qu'il assiste à l'accomplissement des fonctions ; tout ce qui est visible et palpable dans le jeu des organes lui est révélé par cette *anatomia animata*, comme l'appelait Haller. Sur ce point je n'ai rien à vous apprendre qui ne soit beaucoup mieux exposé que je ne saurais le faire dans l'excellent ouvrage de M. Cl. Bernard (*Introduction à la médecine expérimentale*). Vous trouverez dans ce livre tout ce qui est relatif à l'expérimentation physiologique ; vous y rencontrerez aussi d'excellents conseils relativement aux dispositions d'esprit qu'il faut apporter dans l'étude de la biologie.

Mais la vivisection est insuffisante à elle seule pour l'étude de la biologie : elle ne fait pour ainsi dire que mettre à nu le phénomène en même temps que l'organe qui en est le siège ; mais elle ne révèle à nos sens que ce qui leur est perceptible. Or, vous avez vu qu'en physique nos sens nous apprennent bien peu de chose, et qu'il faut à chaque instant recourir à

des appareils pour analyser les phénomènes. En biologie, il en est de même.

Les phénomènes électriques qui se passent chez les animaux nous sont, dans certains cas, directement perceptibles. Les commotions que donnent la torpille et le gymnote sont connues depuis l'antiquité; mais il a fallu les galvanomètres les plus sensibles pour déceler ces modifications électriques si faibles, et cependant si importantes, qui accompagnent les actions nerveuses et musculaires. Du Bois-Reymond et ses continuateurs nous ont révélé tout un nouveau côté de la physiologie et l'un des plus intéressants. Les appareils d'optique sont indispensables pour l'exploration de l'intérieur de l'œil comme pour la mesure délicate des courbures de chacun des milieux réfringents qui le composent. Ainsi, tandis que la dissection nous apprend certains détails de l'organisation, elle nous tromperait, au contraire, en détruisant la disposition normale des parties, si nous n'avions des moyens d'étudier *in situ* les appareils vivants.

L'anatomie nous montre les organes avec une forme et un volume définis; la physiologie nous apprend, au contraire, que la plupart des organes présentent, dans les actes de la vie, des changements de forme et de volume dont quelques-uns seulement nous sont facilement perceptibles. C'est aux appareils qu'il faut demander la démonstration des changements trop délicats pour frapper notre vue.

On connaît la précision que la *micrométrie* a atteinte dans la détermination des diamètres pour les objets infiniment petits: c'est une des principales ressources dont l'histologie dispose; elle lui permet en effet d'assigner à chaque élément son diamètre normal, ce qui est une de ses caractéristiques importantes.

Il existe aussi, pour ainsi dire, une micrométrie par laquelle nous pouvons mesurer les changements les plus faibles, dans le volume des organes, chez les animaux vivants.

Je crois d'autant plus important de signaler les appareils destinés à cet usage, qu'ils sont encore peu employés, bien qu'ils aient, dans certains cas, une utilité très-grande. On se rappelle les discussions qui se sont élevées autrefois à propos de la dilatation des artères sous l'afflux du sang projeté par le ventricule, à chacune de ses systoles. Certains auteurs prétendent que le système artériel loge chaque onde sanguine au moyen de l'allongement que subissent les vaisseaux, tandis que d'autres pensaient que les artères se dilatent et s'allongent tout à la fois.

Pour résoudre cette question, M. Flourens imagina d'enrouler les artères d'un animal vivant au moyen d'un anneau brisé formé d'un ressort élastique qui céderait à la dilatation des artères et la révélerait par un écartement de ses deux extrémités. C'est là, en effet, ce qui arrivait à chaque fois que le système artériel recevait du cœur une onde nouvelle. Mais cette méthode n'était pas à l'abri d'objections. En effet, admettons que la pression de l'anneau élastique produise un léger rétrécissement du vaisseau, celui-ci pouvait reprendre simplement ses dimensions normales, et par cela même, sans se dilater, écarter les bords de l'anneau qui le rétrécissait. M. Poiseuille employa une méthode plus rigoureuse, qui consiste à placer le vaisseau qu'on explore dans une petite caisse à parois rigides, qu'il traverse par deux trous dont elle est percée de part en part. Le vaisseau est tendu suffisamment dans cette caisse pour qu'on n'ait pas à craindre qu'il ne s'allonge par l'effet de la pression du sang. Enfin, la caisse est pleine de li-

quide, et porte en un point de ses parois un tube capillaire dans lequel le liquide s'élève à un niveau déterminé. Si le vaisseau ainsi renfermé subit la moindre augmentation de diamètre, il déplace nécessairement le liquide de la caisse, et l'on voit le niveau dans le tube capillaire s'élever ou s'abaisser, selon que le vaisseau augmente ou diminue de diamètre. Cette méthode est susceptible d'un grand nombre d'applications; elle permet de montrer que tous les organes vasculaires subissent, à chaque onde sanguine envoyée par le cœur, un gonflement suivi de retrait, semblable à celui que présentent, à un plus haut degré, les organes érectiles. Du reste, cette méthode est déjà ancienne; j'ai vu dans les œuvres de Swammerdam la description d'un appareil très-analogue à celui que je viens de décrire, et destiné à rechercher si un muscle qui se contracte éprouve un changement de volume.

De tous les phénomènes qui caractérisent la vie, les mouvements sont les plus importants; on peut même dire qu'en général, c'est par des mouvements que se caractérisent toutes les fonctions; que c'est sous cette forme que les phénomènes qui se passent chez les animaux peuvent être analysés aujourd'hui avec une précision admirable dans leurs trois éléments, la *durée*, l'*étendue* et la *force*. Nous sommes bien peu capables d'apprécier avec exactitude les durées, surtout celles qui sont très-courtes, et nous considérons en général comme instantanés des phénomènes qui n'occupent qu'un temps plus court qu'une demi-seconde ou qu'un quart de seconde. Pour la même raison, nous croyons au synchronisme de deux actes qui se suivent à court intervalle. Mais la *chronométrie* a fait de tels progrès dans ces dernières années, que nous pouvons aujourd'hui mesurer les durées les plus courtes, grâce aux appareils que les physiciens emploient. On sait apprécier aujourd'hui la vitesse des projectiles de guerre, on a mesuré la vitesse de la lumière et celle de l'électricité; rien n'empêche d'appliquer les mêmes méthodes à l'évaluation des durées généralement, beaucoup moins courtes, des actes physiologiques. Vous verrez, en effet, quel progrès immense a été réalisé par l'introduction des méthodes de la physique pour la mesure du temps.

L'*étendue* d'un mouvement est susceptible d'une appréciation très-exacte, pourvu que ce mouvement fournisse une trace que l'on soumet ensuite aux estimations de la micrométrie. Enfin, la notion de *force* a subi une modification importante de nos jours; elle a été réduite à celle de *travail accompli*, et se rapporte désormais à un étalon bien déterminé, le *kilogrammêtre* et ses divisions. Depuis ce moment, nous sommes en possession de termes de comparaison, et nous devons éliminer toute expression vague relative au mouvement. Nous devons caractériser chacun d'après sa durée rapportée à la seconde, d'après son étendue en mètre ou fraction de mètre, d'après sa force exprimée en kilogrammètres. Une conception plus complète encore est celle qui caractérise en outre un mouvement par sa *forme*, c'est-à-dire qui tient compte des différentes phases de ce mouvement, et non plus seulement de son commencement, et de sa fin, de son maximum et de son minimum, mais qui détermine tous les états intermédiaires. Tel est le résultat obtenu par la *méthode graphique*, dont j'aurai l'occasion de vous entretenir longuement, car elle fournit seule la solution d'un grand nombre de problèmes de la plus haute importance.

Le mouvement, avant de s'effectuer, est, pour ainsi dire, contenu en puissance dans certaines causes qui le produisent:

la pesanteur, l'élasticité, la pression d'un liquide, la tension d'un gaz. Nous savons aujourd'hui apprécier ces forces qu'on pourrait appeler virtuelles. La statique les mesure, et introduit dans leur mensuration la rigueur qui tend aujourd'hui à se généraliser. L'application du manomètre à l'évaluation de la pression du sang, de l'aspiration thoracique, de la force avec laquelle se contractent les réservoirs glandulaires, est encore un des progrès de notre époque.

Je n'ai fait qu'une énumération rapide et incomplète de tous ces procédés exacts, de tous ces appareils, parce que j'aurai plus tard l'occasion de vous les présenter, de les décrire complètement et d'en discuter avec vous la valeur. J'ai voulu vous montrer tout d'abord les ressources dont nous disposons, et vous prouver surtout que c'est en se rapprochant des autres sciences, que la biologie progresse et progressera sans cesse. Maintenant que nous sommes pourvus de moyens nouveaux pour attaquer les problèmes de la vie, nous pouvons reprendre des recherches dans lesquelles ont échoué nos devanciers ; nous ajouterons des notions nouvelles à celles qu'ils avaient acquises. Un sujet qu'on pouvait croire épuisé redéveint ainsi un champ fécond pour l'étude, si on l'exploré avec des procédés nouveaux. C'est surtout lorsqu'on reprend, de nos jours, d'anciennes expériences, qu'on s'aperçoit des progrès réalisés : on condamnerait presque l'étroitesse de vue des anciens expérimentateurs, si l'on ne se reportait, par la pensée, à l'époque où ils vivaient et à l'exiguité des moyens d'analyse dont ils pouvaient disposer.

Une autre raison encore rend nécessaire l'emploi des appareils en physiologie. C'est que, dans les cas mêmes où elles nous révèlent des faits importants, les vivisections amènent, dans les fonctions de la vie, des perturbations tellement grandes, qu'elles peuvent modifier la fonction, et nous donner une idée fausse si l'on croyait trouver, dans le phénomène qu'elles nous montrent l'expression de la fonction normale.

Pour prendre quelques exemples, je citerai les cas où l'on fait sur un animal la section de la moelle épinière, et où l'on pratique la respiration artificielle, afin d'entretenir la vie organique le plus longtemps possible. Dans ces conditions, les phénomènes de la circulation subissent une modification tellement profonde, qu'il faut se tenir en garde contre les idées fausses que l'on pourrait tirer de l'expérience. La rapidité du cours du sang devient extrême, les battements du cœur s'accélèrent, la température centrale s'abaisse énormément, tandis que la température extérieure s'élève. Le physiologiste doit donc s'efforcer de produire, sur l'animal qu'il explore, le moins de mutilation possible, s'il veut se faire une idée exacte des conditions normales de la circulation du sang et de la température animale.

Nous savons, en outre, que la sécrétion des glandes, dans les conditions normales, diffère beaucoup de celle qu'on recueille par les moyens artificiels. Ainsi, le suc pancréatique recueilli sur un animal auquel on a pratiqué une fistule différencie chimiquement de celui que la glande verse normalement dans le duodénum. On pourrait multiplier beaucoup les exemples qui prouvent que, dans l'étude des fonctions de la vie, il faut, autant que possible, laisser l'animal dans ses conditions normales, si l'on veut que la fonction ne soit pas influencée. Or, on n'arrive à ce respect des conditions physiologiques qu'au moyen d'appareils délicats dont j'ai déjà nommé un certain nombre, mais dont j'aurai plus tard à vous décrire les plus importants.

Une autre cause nous oblige bien souvent à renoncer aux vivisections, et à leur substituer l'emploi des appareils : c'est la nécessité d'étudier directement la physiologie humaine.

De tous les êtres dont la science ait tenté de connaître l'organisation et les fonctions, l'homme est celui qui a le plus souvent été l'objet d'études. C'est la physiologie humaine qui sert, pour ainsi dire, de type pour celle de tout le règne animal.

Toutefois, s'il est vrai que notre organisme et nos fonctions semblent être le plus complet modèle de l'organisation animale, il n'en est pas moins vrai que certains organes comme certaines fonctions sont, chez nous, moins nettement caractérisés. Aussi est-il de la plus grande importance de suivre par l'analyse chacun des phénomènes de la vie, dans toute la série des êtres vivants, ou tout au moins dans les principaux types, afin de saisir quels sont les différents procédés que la nature emploie pour arriver à son but, la vie de l'individu et de l'espèce. Tel est l'objet de la *physiologie comparée*.

De nos jours, c'est à la connaissance de l'homme, de ses organes et de ses fonctions, que se rapportent le plus grand nombre de travaux. Je serai donc forcé, dans un grand nombre de cas, d'insister sur certains phénomènes de la physiologie humaine qui n'ont pas encore été recherchés dans les autres animaux. Comme toutes les ressources nous sont permises pour arriver à notre but, nous aurons aussi quelquefois à emprunter à la médecine, qui trouve, dans l'étude des maladies, un certain nombre de conditions que l'expérimentation ne saurait toujours produire. Il y a là, pour ainsi dire, des expériences toutes faites que nous aurons à discuter. Mais, ne l'oublions pas, la médecine n'est pas la base de la biologie ; au point de vue utilitaire, elle en pourrait être le but. Pour nous, qui ne cherchons ici qu'à trouver la vérité, elle ne sera qu'un moyen de plus pour analyser les conditions qui modifient les fonctions de la vie et pour arriver à mieux déterminer les lois qui règlent ces fonctions. Pour vous donner une idée de l'influence que la médecine a eue sur la connaissance des fonctions de l'organisme, je vous rappellerai que c'est sur un malade atteint de perforation des parois thoraciques que Harvey a observé les battements du cœur ; que c'est sur un sujet qui présentait une fistule gastrique que Beaumont fit ses mémorables études sur la digestion. Les vices de conformation congénitaux nous fournissent de nombreux enseignements, non-seulement au sujet de l'*embryogénie*, mais aussi relativement à certaines fonctions, comme celles du système nerveux, comme la respiration et la circulation, qui produisent les mouvements du liquide céphalorachidien, etc.

Tel est l'exposé bien sommaire des moyens d'analyse dont nous disposons aujourd'hui. Vous le voyez, nos ressources sont grandes ; c'est une garantie de succès dans les recherches que nous allons entreprendre. Je répète en terminant ce que je disais tout à l'heure : que le progrès s'effectue visiblement par la fusion des sciences, et se traduit pour nous, naturalistes et biologistes, par les emprunts chaque jour plus nombreux que nous faisons à la physique et à la chimie. Un jour sans doute nous pourrons, à notre tour, fournir à ces sciences de nouveaux éléments de progrès. Mais, pour le moment, nous sommes leurs tributaires pour cette raison que les sciences physiques et chimiques, plus simples que la nôtre et depuis plus longtemps dégagées des mauvaises méthodes qui nous ont si longtemps égarés, sont aujourd'hui plus avancées que

la biologie, en ce sens qu'elles arrivent plus facilement à des notions exactes des phénomènes qu'elles étudient.

Nous sommes forcés, au nom de la logique, d'appliquer les méthodes de la physique et de la chimie à l'étude des phénomènes de la vie; et ce n'est qu'après avoir employé infructueusement tous ces procédés, que nous serions en droit d'invoquer l'existence de causes extra-physiques pour l'explication des phénomènes vitaux. Nous verrons, par la suite, combien nous sommes encore loin d'avoir épuisé toutes les ressources dont l'analyse physique et chimique dispose aujourd'hui.

MAREY.

CERCLE AGRICOLE DE PARIS.

CONFÉRENCE DE M. BABINET (1)
(de l'Institut).

La Pluralité des mondes.

La pluralité des mondes a été regardée de tout temps comme une chose fort curieuse. Quand on disait à Alexandre que la lune était habitée, celui-ci demandait qu'on lui fournît les moyens d'y aller, afin d'ajouter cette conquête à toutes celles qu'il avait déjà faites. Suivant la tradition, le lion de Némée était tombé de la lune, et comme il était très-affamé quand il arriva sur la terre, on conçoit aisément quel dégât il fit parmi les troupeaux du Péloponèse. Sa faim d'ailleurs devait être dévorante, puisque Hésiode rapporte qu'une enclume tombant du ciel mettrait dix jours et dix nuits pour arriver à la surface de la terre. Les calculs actuels montrent que si un lion sautait de la lune, il mettrait seulement trois jours pour arriver à notre globe. Tout cela, d'ailleurs, est très-innocent.

Qu'entend-on par pluralité des mondes? On n'entend pas par là évidemment la pluralité des planètes, car il suffit de jeter les yeux sur le ciel pour se convaincre qu'il y a d'autres planètes que la terre, mais bien la pluralité des mondes habités. Y a-t-il ou non des probabilités? C'est ce que nous allons examiner.

Commençons d'abord par nous borner à la partie que nous habitons. La terre est immense, si l'on compare ses dimensions à celles de l'homme; mais la distance du soleil à la terre est énorme par rapport au rayon même de la terre, puisque cette distance est de 24 000 rayons terrestres, et la distance d'un soleil à un autre soleil est elle-même bien plus grande que la distance du soleil à la terre, puisqu'elle peut être mesurée par 200 000 fois de cette dernière. Enfin, comme il y a des millions de millions de soleils dans la voie lactée, et que, derrière celle-ci, il y en a encore une immense quantité d'autres, on arrive, pour les plus éloignées de ces soleils, à la conception de distances presque infinies. Dans l'antiquité, on ne distinguait nettement qu'un très-petit nombre d'étoiles, puisque c'était à l'œil nu seulement qu'on pouvait les distinguer; mais, depuis Galilée, qui, par parenthèse, est très à la mode actuellement, on a pu en voir individuellement une beaucoup plus grande quantité. Huyghens, après lui, se servait de lunettes de trente pieds de long et dont l'ouverture avait à peu près le diamètre d'une pièce d'un franc. La Caille,

au cap de Bonne-Espérance, employait une lunette qui n'avait que trois pieds de long et une ouverture du diamètre d'une pièce de quatre sous; et déjà, avec cet appareil, huit mille étoiles purent être cataloguées. W. Herschel ensuite perfectionna beaucoup ces instruments d'optique, et en construisit un très-grand nombre. Le plus puissant des télescopes est celui de lord Rosse; il lui coûta de 300 000 à 400 000 fr. Le miroir seul pèse 4800 kilogrammes, et l'appareil entier 10 400 kilogrammes. L'ouverture peut se comparer à celle d'une pupille humaine qui aurait six pieds de diamètre: or, la pupille a environ une ligne de diamètre. On voit donc qu'un homme doué d'une pareille pupille serait, en conservant les mêmes proportions pour toutes les autres parties de son corps, presque aussi grand que le mont Etna, ou à peu près exactement de la même hauteur que le mont Éryx. On a vu ainsi distinctement 4000 milliards d'étoiles; mais il y en a bien plus, cela n'est pas douteux, pour former cetamas, ce gâteau d'étoiles de la voie lactée. Est-ce là tout? Non, certes; il y a beaucoup de semblables voies lactées ou nébuleuses, et, à mesure que nos instruments se perfectionnent, on en trouve de nouvelles derrière celles qui étaient précédemment connues. J'ai eu l'honneur de recevoir dernièrement de M. Herschel fils le catalogue dressé d'après ses travaux et ceux de son père, contenant 4017 nébuleuses: on ne sait pas où l'on s'arrêtera.

La lumière va plus vite que les locomotives, plus vite que le son, car elle ferait huit fois le tour de la terre en une seconde. Eh bien! la lumière de la dernière nébuleuse que nous puissions voir met pour nous arriver, non pas un jour, non pas un an, mais un million d'années! Vous pouvez juger, d'après cela, jusqu'à quel point on a reculé les limites du monde visible. C'est qu'en effet l'imagination ne s'arrête pas uniquement aux objets matériels, et que la pensée peut arriver à concevoir tout ce qu'elle veut.

J'avais, l'autre jour, occasion de voir une dame (les dames aiment beaucoup à questionner les gens, et surtout les astronomes), et je lui disais qu'il était possible de concevoir des existences immatérielles, non réglées par le temps et l'espace, et tout à fait différentes des nôtres. Elle me répondit vivement: « Si l'intelligence de l'homme peut concevoir de pareilles choses, soyez sûr qu'elles existent. » Ainsi soit-il.

Pour nous éclairer, il faut voir ce qui est, examiner ce qui nous entoure, et la terre que nous habitons doit être le premier sujet de nos études. On savait que les conquêtes d'Alexandre avaient permis de connaître à peu près le quart du globe. Christophe Colomb, au lieu de pousser ses investigations dans le même sens, voulut se diriger du côté opposé, savoir à l'occident; il négligeait ainsi tout l'océan Pacifique. Les sciences pourtant étaient déjà assez avancées à cette époque pour que ces notions fussent connues, aussi conçoit-on bien difficilement de pareilles erreurs.

La terre une fois étudiée, nous trouvons dans l'espace d'autres planètes analogues à la terre, et qui présentent à peu près le même aspect. Nous trouvons d'abord Vénus et Mercure, plus rapprochés du soleil que la terre, et en outre, au delà de la terre, et par ordre, Mars, puis quatre grosses planètes, Jupiter, Saturne, Uranus et Neptune. Vous voyez qu'il ne manque pas là d'habitations pour l'homme. Vénus est grosse comme la terre, à peu près, mais avec des climats bien différents. Mars aussi ressemble en tout à notre planète: comme la terre, il présente deux calottes de glace qui fon-

(1) Voyez d'autres conférences de M. Babinet dans le n° 4 (22 décembre 1866), p. 59 de ce volume et tome II (1855), p. 489.