

Bibliothèque numérique

medic@

Marey, Etienne-Jules. - Du mouvement dans les fonctions de la vie [cours public donné au 14 de la rue de l'Ancienne Comédie]. I. Exposition du sujet et de la méthode.

In : Revue des cours scientifiques de la France et de l'étranger, 1866, III, n° 10, p. 170-174



(c) Bibliothèque interuniversitaire de médecine (Paris)
Adresse permanente : <http://www.bium.univ-paris5.fr/hist-med/medica/cote?marey043>

sants qui amènent le pain de chaque jour, il ne pouvait consacrer aux méditations théoriques les longs loisirs qu'elles exigent. Sa part, du reste, est assez belle, même à côté de Lavoisier. En effet, que d'inventions, que de découvertes ultérieures ont été les conséquences des travaux accomplis par Scheele dans son modeste laboratoire. Je vous ai montré qu'on y avait trouvé le principe de la gravure sur verre, celui de la conservation des substances alimentaires, celui enfin de la fabrication des savons, des bougies, de la glycérine. Mais j'aurais pu vous en citer encore bien d'autres exemples : quand je vous ai parlé du blanchiment, j'aurais pu vous montrer que cette application du chlore, en utilisant l'acide muriatique, avait eu une autre conséquence au moins aussi importante, elle a complété la découverte de Leblanc, elle a permis d'obtenir avec économie la soude et, par suite, tous les produits qui en dérivent.

Le nombre des mémoires de Scheele est tel qu'on se demande avec étonnement comment un seul homme a pu, dans l'espace d'un si petit nombre d'années et avec d'aussi modestes ressources, accomplir d'aussi grandes choses. Il n'est peut-être pas un chimiste qui ait découvert autant de corps, il n'en est certainement pas un qui l'ait fait par des moyens aussi simples. C'est que Scheele avait le génie de l'invention joint à un admirable talent d'expérimentation. Il était de ces vrais savants dont Franklin a dit : *Ils sont capables de scier avec une vrille et de percer avec une scie.*

TROOST.

ENSEIGNEMENT LIBRE.

PHYSIOLOGIE MÉDICALE

COURS DE M. MAREY (1).

Du mouvement dans les fonctions de la vie.

I.

EXPOSITION DU SUJET ET DE LA MÉTHODE

Messieurs,

Dans les sciences physiques, on a coutume d'étudier les corps sous deux états différents : le repos et le mouvement, l'état statique et l'état dynamique. Deux sciences parallèles ont été fondées en conséquence de cette distinction : l'une la *statique*, considère les corps à l'état de repos, apprécie leur forme géométrique, leurs conditions d'équilibre, etc. ; l'autre, la *dynamique*, étudie les mêmes corps en mouvement, et cherche les lois qui président à tous les changements d'état que peut présenter la matière. Inséparables mais distinctes, ces deux sciences sont sœurs ; le physicien passe sans cesse de l'une à l'autre, et c'est par leur double concours qu'il obtient la solu-

tion des problèmes mécaniques ou physiques, dont les applications constituent tous les progrès de l'industrie. Dans notre science médicale nous trouvons les mêmes divisions du sujet, les mêmes distinctions dans l'étude. L'*anatomie* en effet correspond à la statique animale ; elle nous enseigne la forme et les rapports des différents organes, la constitution intime de leurs tissus ; c'est-à-dire leur histologie, tandis que la *physiologie*, véritable dynamique animale, nous montre les organes en fonction, nous pourrions dire en mouvement. Qu'est-ce en effet que le *mouvement fonctionnel*, sinon l'ensemble presque complet des phénomènes de la vie ?

Plus la science progresse, plus elle nous révèle de nombreux mouvements dans l'organisme. La marche et l'acte musculaire, voilà le mouvement dans sa manifestation la plus simple ; mais à côté de cette grande fonction essentiellement dynamique, on peut voir que toutes les autres empruntent au mouvement leur caractère objectif principal, sinon leur essence même. La respiration consiste, il est vrai, en un échange continu de gaz entre le sang et l'air qui nous environne ; mais cette fonction exige, pour s'accomplir, l'action incessamment alternante de forces antagonistes qui appellent l'air dans la poitrine, et l'en expulsent tour à tour. L'hydrodynamique montre, dans la circulation du sang, que toutes ses lois régissent cette fonction organique, de telle sorte que, sur ce point, chaque progrès accompli complète davantage la fusion de la dynamique et de la physiologie. Que voit-on enfin dans toute expérience, dans toute vivisection ? des mouvements produits par l'excitation des nerfs, par l'irritation directe des muscles de la vie organique ou de la vie animale, des mouvements de liquides sécrétés avec une rapidité plus ou moins grande. Des changements de température, qui ne nous sont exactement perceptibles que grâce aux instruments thermométriques par lesquels ils sont transformés en mouvements véritables. Les sons qui se produisent sont des mouvements vibratoires dont on apprécie les caractères et le nombre d'après le timbre et la tonalité du son.

Que restera-t-il donc des phénomènes de la vie en dehors de la dynamique animale proprement dite ? Les actions chimiques ? Elles sont déjà revendiquées par les physiiciens, qui les considèrent comme une véritable dynamique moléculaire. Il ne restera que les phénomènes sensitifs et psychiques, que leur nature essentiellement subjective rend si difficiles à étudier sur autrui.

En somme, tout ce qui, en physiologie, est exactement comparable et mesurable se rattache à la dynamique animale ; au mouvement fonctionnel.

L'étude d'une science, lorsqu'elle est suffisamment avancée, porte en elle-même un grand attrait. L'astronomie procure à l'esprit humain une des plus vives satisfactions qu'il puisse avoir ; celle de contempler les lois exactes régissant les mouvements des astres dans les espaces infinis. L'organisme vivant n'est pas moins admirable à observer ; Platon l'appelait le microcosme, car il avait su y deviner un monde de merveilles condensées dans un petit espace. Pour nous, à l'attrait de l'étude, se joint le but d'utilité qui relève encore notre profession, et qui suffit à stimuler le zèle de ceux chez qui est moins développé le sens de l'admiration de la nature.

Mais, que de difficultés ne faut-il pas surmonter d'ordinaire, avant d'arriver au plaisir d'apercevoir une vérité scientifique. Le choix de la méthode est d'autant plus important, que c'est de lui que dépendra la facilité ou la difficulté de la tâche.

(1) Le cours a lieu tous les mercredis, à deux heures, dans le laboratoire particulier de M. Marey, ancien Théâtre-Français, 14, rue de l'Ancienne-Comédie.

Je viens, messieurs, exposer devant vous une méthode nouvelle qui, je l'espère, simplifiera beaucoup l'étude, qui permettra d'en étendre le champ, et rendra plus claires les démonstrations. Un coup d'œil rapide sur les principales méthodes employées jusqu'ici est indispensable avant de commencer; vous excuserez, j'espère, ce qu'il y a de banal dans un semblable exposé, en faveur des faits nouveaux qu'il me permettra de mettre en relief.

Tout progrès dans les sciences ne s'effectue que par l'emploi combiné de divers procédés, qui sont comme de puissants leviers, au service de l'esprit humain. Nous voulons parler de l'analyse, qui constate et devine, et de la synthèse qui vérifie les phénomènes en les reproduisant. Bientôt un nouveau besoin se fait sentir, celui d'exprimer à autrui la vérité découverte, et de la perpétuer par l'écriture. Ces trois éléments du progrès : analyse, synthèse, expression, ont subi des transformations successives, se perfectionnant sans cesse, et gagnant toujours en puissance, à mesure qu'ils se perfectionnaient. Suivons-les un instant dans cette voie d'amélioration incessante; cela nous permettra de voir dans quel sens se sont réalisés les progrès, et dans quel sens par conséquent il faut en chercher de nouveaux.

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, briser une à une les flèches dont le faisceau résistait à nos efforts, tel est le rôle de l'analyse, tel 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'infinitement 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'instruments, 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., sont entre les mains de tous les physiologistes; ils leur permettent de substituer l'expérimentation proprement dite à l'observation toujours plus lente, et souvent impuissante à découvrir les lois qui

régent la vie. Les médecins eux-mêmes recourent à chaque instant à l'emploi d'instruments. La chirurgie en fait un usage qui touche à l'abus, tant elle a multiplié le nombre et varié la forme de ses pinces, de ses bistouris et de ses ciseaux. Cette exagération d'une tendance bonne en elle-même a poussé bien des médecins à une réaction fâcheuse. Certains médecins trouvent qu'une trousse est déjà un arsenal bien lourd à porter; ils voudraient la réduire encore. Je présentais un jour mon sphymographe à l'un de ces praticiens ennemis de la nouveauté, et je faisais ressortir l'avantage qu'a cet instrument de reculer la limite de nos sens, en révélant à la vue ce qui échappe au toucher. Mon argumentation rencontra l'opposition la plus vive; ce respectable confrère déclara que, pour lui, c'était une mauvaise tendance que celle qui violentait la nature et voulait donner à nos sens plus de portée qu'ils n'en ont. En disant cela, mon interlocuteur fixait sur moi ses regards convaincus... à travers des lunettes.

Il faut, messieurs, n'avoir jamais été aux prises avec les difficultés de l'étude de la nature, pour n'avoir jamais senti et regretté l'impuissance de nos sens à saisir les détails d'une fonction physiologique. On doit donc s'efforcer d'y suppléer, à moins d'accepter comme définitif l'état actuel de la science, et de s'enrôler dans la nombreuse phalange des satisfaits. Il faut que chacun de nous cherche à réaliser par lui-même un progrès. On s'effraye en général de la difficulté qu'il y a à trouver quelque chose de nouveau; on entend répéter à chaque instant ce proverbe décourageant : Il n'y a rien de neuf sous le soleil. Reste donc la tâche plus ingrate de contrôler des expériences déjà faites. Mais alors même, un autre argument vous arrête. Comment espérez-vous, au début de vos études, observer mieux que Haller, que Spallanzani, que Müller. Si vous confirmez ce que ces maîtres ont observé, vous n'ajoutez rien à leur gloire. Si vous différez d'opinion avec eux, qui donc osera vous donner raison? Découragé de tous côtés, attendez-vous pour faire des recherches anatomiques qu'il arrive entre vos mains quelque animal exotique encore inconnu en Europe. Guettez-vous les découvertes de la chimie pour essayer les propriétés physiologiques des nouveaux corps?

Telle est pourtant la fâcheuse tendance de notre époque; telle est la fausse idée qui arrête le zèle de bien des travailleurs. On s'imagine qu'il n'y a plus rien à trouver sur la route battue, ou tout au moins, que toutes les choses importantes y ont été observées; dès lors on renonce à toute recherche ou bien on se perd dans de minutieux détails. Nos plus grands physiologistes ne pensent pas ainsi heureusement; ils n'ont qu'à regarder devant eux pour trouver des choses nouvelles, qu'on a vues cent fois avant eux sans les comprendre.

Oui, messieurs, un étudiant de nos jours peut répéter une expérience de Galien; et il verra mieux que le médecin de Pergame. Car on sait mieux voir aujourd'hui. Notre esprit, éclairé par la science acquise avant nous, se laisse moins facilement surprendre par l'erreur. Nous reprendrons des expériences de Spallanzani, de Haller, et de Magendie, et nous observerons mieux que ces maîtres, parce que nous userons de moyens plus puissants. Que le niveau de l'esprit humain reste toujours le même, c'est possible, mais ce qui se perfectionne, ce sont les moyens d'analyse, les procédés et les instruments. Leur emploi fait toute notre supériorité.

La synthèse est le contraire de l'analyse, elle reconstruit ce qui avait été décomposé. Telle est la définition primitive

de la synthèse, considérée comme opération de l'esprit. Mais, lorsqu'on applique cette méthode à l'étude de la nature, elle perd son caractère abstrait et en prend un tout nouveau, qui l'éloigne un peu de ce que l'avait faite la définition scolastique. Prenons des exemples. Lorsque le chimiste a décomposé l'eau par l'analyse, et qu'il en a séparé ses deux éléments, oxygène et hydrogène, s'il recombine de nouveau ces deux gaz, il fait ce qu'on appelle 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. Nous assistons aujourd'hui à la constitution d'une science nouvelle : la chimie organique basée sur la synthèse. M. Berthelot, qui a attaché son nom à ce magnifique travail, a montré toute la fécondité de l'emploi de cette méthode.

La physique use de la synthèse encore plus largement. Tout appareil de démonstration est l'assemblage synthétique de mécanismes destinés à produire un phénomène que l'analyse a fait prévoir. Si l'on veut bien nous permettre de définir ainsi la synthèse, dont la nature a été si controversée, on voit qu'elle nous offre surtout le moyen de confirmer et de démontrer ce que l'analyse avait découvert.

Or, en physiologie, la synthèse n'a trouvé sa place que fort tard, c'est dire que le contrôle manquait à la plupart des théories déduites de l'observation. Aussi, que d'hypothèses non vérifiées nous ont légué les anciens ! La certitude scientifique n'est venue que du jour où l'expérimentateur, plaçant l'organisme dans certaines conditions déterminées par l'analyse, a pu reproduire à coup sûr un phénomène. C'est donc à la synthèse bien plus qu'à l'analyse que se rattache la méthode expérimentale, car l'essence de l'expérimentation est de vérifier les prévisions, de confirmer les théories, et de fournir en même temps une démonstration de leur exactitude, en rassemblant les conditions d'existence des phénomènes. Il est enfin une application de la synthèse aux faits physiologiques, qui me paraît susceptible de réaliser de grands progrès. Elle consiste à reproduire, en dehors de l'être vivant, l'élément chimique ou physique d'un phénomène. Ainsi pour démontrer l'action que de l'air exerce sur le sang à travers les parois des cellules pulmonaires, on fait voir que du sang veineux peut être hématosé par l'action de l'air à travers une membrane organique. Pour prouver l'influence des acides de l'estomac dans la digestion, on montre dans un matras que 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 lui. Les phénomènes physiques ou mécaniques qui se passent chez l'animal vivant sont encore plus susceptibles de démonstration synthétique. On connaît l'ingénieux schéma de Bernoulli et Hamberger, au moyen duquel on montre comment les intercostaux externes peuvent, en se raccourcissant, augmenter l'intervalle des côtes auxquels ils s'insèrent. Le schéma de Weber sur la circulation parle plus aux yeux qu'une figure immobile, et nous espérons prouver plus tard que des schémas perfectionnés peuvent reproduire d'une manière si parfaite les principaux phénomènes de la circulation, qu'ils constituent une démonstration péremptoire de leur nature intime. Les mouvements respiratoires, le rôle antagoniste des forces musculaires et de l'élasticité du poumon, la production de pressions variables dans la plèvre et dans les bronches, tout cela peut être repro-

duit par la synthèse avec grand profit pour la confirmation des théories et la clarté de la démonstration.

Des différents modes d'expression et de transmission des vérités découvertes.

Je ne m'étendrais pas, messieurs, sur l'antique invention du langage pour exprimer la pensée, sur la découverte de l'écriture qui la fixe sur le papier et la transmet jusqu'aux générations futures, sur l'invention de l'imprimerie qui propage les idées et en assure la perpétuité en multipliant indéfiniment leur représentation écrite. Tous ces bienfaits de la civilisation nous sont acquis; ils ne nous laissent qu'un regret, celui de ne pas voir s'établir une langue universelle permettant le libre échange de la pensée entre tous les peuples. Vous avez tous entendu formuler le regret de n'avoir même plus une langue scientifique. Le latin, qui servait jadis aux savants de tous pays pour communiquer entre eux, n'est plus parlé nulle part; on n'écrit plus en latin, et celui qui veut connaître ce qui se fait de nos jours en Europe est obligé d'apprendre les langues vivantes, c'est-à-dire de passer une grande partie de sa vie à des études préparatoires.

Cette langue universelle que nous appelons de tous nos vœux, elle existe pour la science, messieurs, ou du moins elle se forme, elle devra bientôt se répandre dans toutes les publications scientifiques. C'est du *graphique* que je veux vous parler. Aussi ancien que l'homme, le graphique comprend tous les signes de représentation naturelle des objets, de leur forme, de leurs changements d'état. Les ébauches de figures d'animaux que les hommes de l'âge de pierre gravaient sur des os aujourd'hui presque fossiles, les figures de géométrie que nous a léguées Archimède; les tableaux et les fresques que nous admirons encore après vingt siècles, toutes ces représentations d'animaux, de formes géométriques, de scènes plus ou moins animées, sont des expressions tellement naturelles de ce qu'on voulait montrer, qu'elles ont gardé leur sens précis à travers les siècles, et qu'aujourd'hui le Français comme l'Allemand en saisissent le sens, tandis qu'ils ne sauraient déchiffrer une vieille charte écrite il y a quelques siècles dans leur langue maternelle. C'est que tout ce qui est conventionnel est variable et muable; le langage et l'écriture des différents pays se modifient avec le temps, tandis que la représentation graphique des objets est restée immuable parce qu'elle était naturelle.

Mais dira-t-on, nous comprenons très-bien que le graphique exprime à la pensée la figure des corps, et même leur couleur; nous savons que grâce à l'introduction des notions de la géométrie dans l'art, la perspective peut même offrir à notre esprit l'idée des distances des objets entre eux. Mais tout cela diffère de la nature par l'absence d'un élément de grande importance; le mouvement, le changement d'état. Oui, direz-vous, nous voulons bien que l'anatomiste, que le botaniste, le zoologiste, usent du dessin ou même de l'art plastique pour nous donner la notion de la forme, de la couleur, des rapports des organes. Nous leur accordons le droit de figurer ce qu'ils ont vu au microscope, et de nous donner une idée de ce que nous ne saurions voir de nos yeux. Nous admettons qu'un traité scientifique, illustré de figures, nous donne une notion des instruments dont le physicien dispose, des matras et des cornues dans lesquels le chimiste met en action les différents corps; mais le mouvement de l'être vivant, le changement d'état des corps que la

chimie transforme, comment l'exprimera-t-on? Ce n'est qu'en vertu d'une convention que le peintre nous donne, par les attitudes des personnages, une idée des mouvements qu'il a voulu leur attribuer. En regardant un tableau de bataille, nous savons ce que veut dire cette hache levée qui ne s'abaissera pas, cet arc tendu dont le trait ne partira jamais. Tous ces mouvements figurés par le graphique ne nous sont intelligibles que parce qu'ils nous sont déjà connus. Mais un dessin ne saurait éveiller dans notre esprit l'idée d'un acte que nous n'aurions jamais vu s'accomplir.

A ces objections, nous allons répondre par des exemples. Lorsque Descartes imagina de représenter par des courbes l'état variable d'un phénomène, il posa les lois de la représentation graphique du mouvement, et créa une langue nouvelle dont les règles sont si simples, qu'elles n'empruntent presque rien à la convention. Voici ces règles en quelques mots :

Placez un carré de papier devant vous, et divisez-le en carrés plus petits par des lignes également distantes et qui, tirées parallèlement à ses bords, se couperont à angle droit; les petits carrés obtenus seront répartis en séries linéaires, verticales et horizontales. Sur la ligne horizontale qui limite en bas cette sorte de damier, ligne qu'on appelle *abscisse*, numérotez de gauche à droite chacun des carrés d'une série horizontale. Tout ce qui se passera dans chaque minute successive du phénomène devra être noté dans la série verticale du carré situé au-dessus du numéro d'ordre correspondant, c'est-à-dire que ce qui se passe dans la première minute se notera dans la première colonne verticale, ou au-dessus du chiffre 1 de la ligne des abscisses. Ce qui se passera dans la deuxième, la sixième, la quinzième minute, se notera dans la deuxième, la sixième, la quinzième colonne verticale, au-dessus du numéro d'ordre correspondant de la ligne des abscisses. Comment exprimer à son tour le changement qui arrive à chaque minute dans l'intensité du phénomène observé? Prenons sur le bord gauche du carré de papier la ligne verticale qui le limite, et notons-y de bas en haut des numéros d'ordre pour chacun des carrés, qui est le premier d'une série horizontale; la ligne qui porte cette notation se nomme *ligne des ordonnées*; elle sert de repère pour noter l'intensité du phénomène observé. Nous avons désormais tous les éléments nécessaires pour tracer la courbe des phénomènes.

Supposons, pour fixer les idées, qu'il faille exprimer graphiquement le changement de température d'un corps qui s'échauffe et se refroidit alternativement. Si, à la première minute, sa température est de 15 degrés, nous marquons un point sur le quinzième carré compté de bas en haut sur la première colonne verticale, c'est-à-dire en face du numéro 15 des intensités et du numéro 1 des temps. A la deuxième minute, le corps s'est échauffé de 3 degrés; on note sa température en face de la division 18 de la ligne des ordonnées, et de la division 2 de la ligne des abscisses. Le corps reste à la même température pendant les quatre minutes suivantes, on notera donc la persistance du même état par une série de points tous placés en regard du numéro 18 des ordonnées, mais échelonnés au-dessus des numéros 3, 4, 5, 6, des abscisses. Ainsi de suite jusqu'à la fin de l'expérience. Si l'on joint l'un à l'autre, par une ligne, chacun des points successifs qu'on a tracés de gauche à droite, il résultera une ligne sinueuse ou courbe des températures qui exprimera, suivant qu'elle s'élève ou s'abaisse plus ou moins haut et plus

ou moins brusquement, que la température s'est modifiée, s'élevant et s'abaissant elle-même, et accomplissant ces variations avec plus ou moins de rapidité.

C'est par le même procédé que, dans les statistiques, on représente sous forme de courbes l'élévation ou l'abaissement du chiffre de la population d'un pays ou d'une ville, et qu'on exprime simplement et clairement l'intensité des variations que cette population a subies, le temps pendant lequel elle s'est accrue, a diminué ou est restée stationnaire.

En médecine, on peut exprimer également par des courbes la proportion de succès et de revers dans les opérations, les changements que subit jour par jour le poids d'un malade, les variations de fréquence de son pouls ou de ses mouvements respiratoires.

Depuis longtemps il existe une expression graphique de mouvements très-fugitifs, très-déliés, très-complexes, qu'aucun langage ne saurait exprimer. Cette admirable écriture se lit dans tous les pays; c'est à proprement dire, une langue universelle. Je veux parler de la notation musicale. Permettez-moi de faire ressortir en quelques mots toute l'ingéniosité d'une pareille représentation des sons. Vous verrez, chemin faisant, qu'on peut beaucoup emprunter à cette méthode dont l'auteur, Guy d'Arezzo, avait, pour ainsi dire, pressenti la géométrie analytique.

Étalez devant vous une portée de musique; vous y remarquerez des coupures verticales qui correspondent à des mesures, c'est-à-dire à des intervalles de temps égaux. Or, n'est-ce pas la même expression des durées que dans le cas précédent où la ligne des abscisses est coupée à intervalles égaux par des lignes, dont l'intervalle correspond aux secondes. — Subdivisons cette mesure, nous y voyons des notes, très-pressées lorsqu'elles se succèdent à de courts intervalles, très-espacées quand elles ont chacune une durée plus longue ou quand elles sont séparées par des silences. N'est-ce pas toujours la même manière d'exprimer les durées. Chaque son n'est-il pas défini dans sa durée par l'espace horizontal qui lui est assigné. (Ici, toutefois, une objection se présente : pourquoi n'avoir pas poussé le raisonnement jusqu'à ses dernières conséquences, et n'avoir pas donné à chaque note la longueur horizontale qui correspond à sa durée? Pourquoi n'avoir pas représenté les silences par la longueur même de portions de mesure où rien n'est écrit, on eût supprimé ainsi un grand nombre de signes : pause, demi-pause, soupir et ses divisions. On eût moins recouru à la convention et la notation musicale eût exprimé d'une manière plus naturelle les durées des sons et des silences. Probablement que les exigences de la mise en page qui forcent à condenser certaines mesures d'un morceau pour gagner de l'espace, et à ne pas respecter l'égale division de la ligne des temps, a fait donner aux notes, pour plus de netteté à l'œil, ces formes arrondies au lieu des antiques carrés du plain-chant, dont la longueur variable eût si bien pu exprimer les durées.)

Continuons : voici plusieurs sons qui doivent être simultanés et former un accord. Comment exprimer cette simultanéité? En les superposant de façon que leur projection tombe sur le même point de la ligne des abscisses. La géométrie analytique ne procède pas autrement.

Mais la succession des sons et leur durée relative n'est qu'un élément de la musique; c'est la mesure. Il faut aussi apprécier la tonalité de chacun de ces sons. Quoi de plus simple que de classer chaque son d'après son altitude,

en vertu de cette simple convention qu'un son dont les vibrations seront plus nombreuses sera plus élevé dans la série. Dès lors la hauteur verticale de la note sur la portée représentera l'élévation du son, absolument comme dans notre premier exemple elle représentait l'élévation de la température. On saisit bien ici que la hauteur des notes est ainsi projetée sur la ligne des ordonnées. Je ne crois pas qu'on ait jamais rien observé en physiologie d'aussi complexe, d'aussi fugace et d'aussi difficile à représenter que certaines phrases musicales. Aussi n'aurons-nous affaire qu'à des figures beaucoup plus simples pour exprimer les phénomènes qui se passent dans l'organisme.

Jusqu'ici, nous avons supposé que l'observateur représentait graphiquement les variations d'un phénomène dont il avait noté toutes les phases à des intervalles égaux, ce qui suppose une grande somme de travail et d'attention pour ne pas commettre d'erreur. Mais voici qu'un immense progrès se réalise, et qu'on imagine des appareils qui suppriment l'intermédiaire de l'homme entre le phénomène et sa notation, appareils qui forcent, pour ainsi dire, la matière à écrire elle-même les changements d'état qu'elle subit.

MM. Poncelet et Morin imaginèrent le célèbre appareil enregistreur, destiné à déterminer les lois de la chute des corps. Vous savez que, jusqu'à nos jours, on mesurait le mouvement des corps qui tombent en prenant une série de mesures successives, de façon à trouver l'espace parcouru en une seconde, en deux secondes, etc. Le plan incliné de Galilée et la machine d'Atwood exigeaient un long tâtonnement pour la détermination du mouvement accéléré des corps graves. Dans la machine Poncelet et Morin, le corps pesant qui tombe porte une plume, et dans sa chute trace une ligne sur un cylindre couvert de papier, tournant autour d'un axe vertical avec une vitesse uniforme. Si l'on étale sur un plan le papier qui revêtait le cylindre, on y voit une courbe continue qui exprime d'une manière très-simple la position du corps grave à tous les instants de la chute.

Cet appareil est le premier des enregistreurs; il est basé sur le principe qui préside à la construction de tous les autres instruments que j'aurai à décrire devant vous, et qui tous ont pour but de rendre non-seulement perceptibles, mais exactement mesurables des mouvements trop faibles, trop rapides, trop lents ou trop complexes pour être appréciés par nos sens.

D^r MAREY.

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS.

PHYSIQUE MÉDICALE.

COURS DE M. GAVARRET (1).

De l'atmosphère (suite).

Distribution de la température. — Pour continuer nos études concernant l'influence de l'atmosphère sur les êtres organisés, nous avons besoin de connaître la distribution de la température à la surface de la terre, sur les hauteurs, dans les eaux et dans l'intérieur du globe. Avant d'aborder ce sujet, je dois

(1) Voyez les numéros 7 et 8.

entrer dans quelques détails sur les opérations suivies pour déterminer les températures moyennes. On a souvent proposé de déduire la température moyenne de la journée, qu'on appelle aussi température quotidienne, des deux températures extrêmes, et de considérer leur demi-somme comme étant la moyenne vraie; l'expérience a démontré que le résultat ainsi obtenu s'éloigne notablement de la moyenne quotidienne. On pourrait prendre vingt-quatre observations par jour, faire la somme et la diviser par vingt-quatre; outre qu'un pareil mode d'opérer serait très-pénible, la complication du procédé rendrait les chances d'erreur beaucoup plus grandes. Les résultats de l'expérience ont appris que quatre observations peuvent suffire; on les fait à l'Observatoire de Paris, à neuf heures du matin, à midi, à trois heures et à neuf heures du soir; Kämtz conseille d'observer à quatre heures et à dix heures du matin, à quatre heures et à dix heures du soir; le quart de la somme des températures trouvées donne une valeur qui représente d'une manière suffisamment exacte la température moyenne quotidienne. Le thermomètre qui sert à faire ces observations doit être exposé à l'air libre, au nord d'un édifice, à 3 ou 4 décimètres de la muraille et loin de toute surface blanche propre à réfléchir la chaleur.

Il se produit chaque jour dans la température un minimum et maximum. Le minimum de température ne coïncide pas avec l'heure de minuit, moment où le soleil est le plus bas au-dessous de l'horizon, il a lieu quelque temps avant le lever du soleil. Ce résultat s'explique facilement: comme nous le verrons plus tard, toute la chaleur nous vient du soleil; dès que cet astre a disparu, la terre rayonne sa chaleur vers les espaces célestes, se refroidit, et ce refroidissement continue jusqu'au moment où le retour du soleil vient réchauffer les régions qu'il éclaire.

L'heure de la température moyenne de la journée n'est pas toujours la même; elle est variable suivant les saisons. En janvier, cette température moyenne s'observe vers dix heures du matin, au mois de juillet vers sept heures.

La température maxima se produit vers deux heures de l'après-midi. Le soleil envoie d'autant plus de chaleur à la terre que ses rayons sont moins rasants, que sa hauteur angulaire est plus grande; c'est donc à midi que la quantité de chaleur fournie est la plus considérable. Avant cette heure, la terre reçoit à chaque instant plus de chaleur qu'elle n'en perd par le rayonnement, sa température s'élève, et cet effet continue encore à se produire quelque temps après le passage du soleil au méridien; telle est la raison pour laquelle le maximum de la température quotidienne s'observe vers deux ou trois heures de l'après-midi.

Indépendamment de la température quotidienne, nous avons à considérer la température moyenne mensuelle; on l'obtient en faisant la somme des températures quotidiennes et en divisant le tout par le nombre de jours du mois.

La température moyenne annuelle se déduit de la somme des températures mensuelles que l'on divise par 12.

Une question des plus intéressantes est de chercher à quel mois correspond le minimum de température, à quel mois a lieu le maximum et vers quelle époque se produit la température moyenne de l'année.

Si l'on se laissait guider par les considérations astronomiques seules, on en déduirait que le maximum de température doit coïncider avec le plus long jour de l'année, c'est-à-dire avec le solstice d'été vers la fin de juin, et le minimum avec