

Bibliothèque numérique

medic@

**Marey, Etienne-Jules. - La circulation
du sang**

*In : La nature : revue des
sciences et de leurs
applications aux arts et à
l'industrie, 1879, 3 mai 1879, p.
338-342; 10 mai, p. 355-358; 24
mai, p. 390-394*



(c) Bibliothèque interuniversitaire de médecine (Paris)
Adresse permanente : <http://www.bium.univ-paris5.fr/hist/med/medica/cote?marey003>

LA CIRCULATION DU SANG¹

La circulation du sang, dont j'aurai l'honneur de vous parler ce soir, est un des sujets les plus vastes de la physiologie, aussi ne l'exposerai-je dans son ensemble que d'une manière très sommaire, afin d'insister davantage sur certains côtés moins connus et qui, cependant, sont dignes d'intérêt. Passant très rapidement sur les détails techniques, sur les procédés du laboratoire, sur les résultats fournis par les vivisections, j'essayerai de vous montrer comment sur l'homme, sain ou malade, on peut déterminer avec une grande précision la manière dont le sang circule dans le cœur, dans les artères et même dans les plus petits vaisseaux.

Au commencement du dix-septième siècle, Harvey découvrit la circulation du sang dans l'organisme. Pareil à ces hardis explorateurs des pays peu connus qui montrent que des lacs, des cours d'eau entrevus avant eux, ne sont que les affluents divers d'un grand fleuve dont ils déterminent le cours, tel Harvey, rassemblant les notions acquises avant lui, rectifiant les erreurs accréditées, apportant à l'appui du raisonnement des démonstrations lumineuses, traça le cours du sang dans les deux moitiés du cœur dont l'une préside à la circulation pulmonaire et l'autre à la circulation générale.

La figure 1, empruntée aux traités classiques de physiologie, est la représentation théorique de l'appareil circulatoire de l'homme et des autres mammifères. On y voit le cœur séparé en deux moitiés distinctes qui, sur le vivant, sont intimement accolées l'une à l'autre. La moitié droite CD envoie le sang veineux dans l'intérieur du poumon d'où il revient, par les veines pulmonaires, dans le cœur gauche CG qui l'envoie, par les artères, dans les vaisseaux capillaires des différents organes. Là le sang redevient noir ou veineux et, ramené par toutes les veines du corps, revient au cœur droit pour repasser encore par le poumon et ainsi continuellement pendant toute la vie.

La découverte d'Harvey restera une des gloires du génie humain, mais elle attendait encore bien des développements tant au point de vue de la zoologie comparée qu'à celui de la physiologie proprement dite.

Étudiant le cours du sang sur les différentes espèces animales, les zoologistes nous ont appris les variations de son parcours dans les différentes classes des vertébrés, les particularités qu'il présente chez les oiseaux, les reptiles, les poissons. Les changements qu'éprouve l'appareil circulatoire aux différentes époques de la vie et sous l'influence des transformations que subissent certains amphibiens. Étendant enfin leurs recherches aux animaux invertébrés, ils ont démontré la circulation chez les animaux inférieurs, chez les mollusques, les crustacés et même chez les insectes.

¹ Conférence faite à la Sorbonne, le 15 mars, par M. Marey, membre de l'Institut, professeur au Collège de France.

Les physiologistes expérimentateurs se sont plus spécialement attachés à déterminer la manière dont circule le sang dans les différents points de l'organisme, à rechercher quelles forces président à son mouvement, quelles résistances l'entravent, enfin avec quelle vitesse se meut le sang dans les différents points de l'appareil circulatoire. Ils ont cherché la cause et la signification de ces phénomènes qui traduisent au dehors l'existence des mouvements du sang, tels que les battements et les bruits du cœur, le pouls des artères et ces changements locaux de la coloration ou de la température des organes suivant que le sang y circule en plus ou moins grande abondance et avec plus ou moins de rapidité. C'est sur cet ordre de phénomènes que je me propose d'attirer spécialement votre attention aujourd'hui.

Les signes extérieurs de la circulation du sang ont de tout temps attiré l'attention du médecin, mais avant la découverte d'Harvey ces phénomènes étaient inexplicables, aussi y a-t-il peu d'intérêt à parcourir dans la série des âges la longue suite d'hypothèses, de rêveries, au moyen desquelles on prétendait les expliquer. Nous laisserons de côté la *force pulsifique* du cœur et des artères, les *esprits animaux*, les *forces d'appel* auxquelles obéissait le sang pour se porter spécialement aux organes où sa présence devenait nécessaire. Ces fictions ne mériteraient que l'oubli si elles n'eussent été nuisibles aux progrès de la science. Mais en satisfaisant les esprits peu exigeants, elles ont longtemps créé un courant d'opinion qui détournait des recherches et résistait aux vérités les mieux démontrées. Plus que tout autre, Harvey eut à souffrir de ces influences doctrinales dont la médecine de nos jours subit encore inconsciemment l'action lointaine.

Aujourd'hui, il n'y a plus rien de mystérieux dans le mouvement du sang; et vous verrez que les lois de l'hydraulique suffisent pour expliquer tous les phénomènes de la circulation. Une molécule de sang ou de tout autre liquide ne se meut qu'à la condition d'éprouver sur une de ses faces une poussée plus grande que sur l'autre; supposons-la pressée par des forces contraires mais inégales, la molécule obéira à la force la plus grande et se déplacera d'autant plus vite que l'une des deux forces sera plus supérieure à l'autre. Dans les rivières, le cours de l'eau est soumis à la pesanteur qui, par suite de la pente, agit plus fortement dans un sens que dans l'autre. Dans les conduits fermés où l'eau circule, un courant existe quand chaque molécule est inégalement pressée sur ses deux faces et cette pression est produite tantôt par la pesanteur, comme dans les conduits souterrains d'une ville à travers lesquels l'eau s'écoule d'un réservoir élevé, tantôt par une force mécanique au moyen de laquelle on comprime le liquide: c'est le cas des pompes foulantes, de celles, par exemple, qu'on emploie pour éteindre les incendies.

Mais quelle que soit l'origine de la force qui

pousse le liquide, les lois qui président au mouvement sont toujours les mêmes, et dans les conduits fermés, comme dans les cours d'eau à l'air libre, il y a toujours décroissance de pression dans le sens où se fait le courant. Si, dans quelque point du conduit, le liquide se meut plus vite, c'est qu'en ce point la différence de pression est plus forte; inversement le courant sera très lent dans les points où la différence de pression sera très faible.

Une expérience bien ancienne, car je l'emprunte à Daniel Bernoulli (1738), va vous faire assister à cette décroissance graduelle des pressions dans les conduits et vous montrer qu'une véritable pente y règle la vitesse du liquide en chaque point de son cours.

Un réservoir cylindrique d'une certaine hauteur est rempli de liquide (fig. 2); de la base part un conduit horizontal également calibré sur lequel se branchent une série de tubes verticaux en verre. Grâce à la transparence du verre, vous verrez les niveaux auxquels s'élèvera le liquide coloré, tant dans le réservoir que dans les tubes échelonnés tout le long du conduit et que l'on nomme *piézomètres* ou *meureurs* de la pression⁴.

En ce moment le conduit est fermé et le liquide est immobile; tous les niveaux des piézomètres sont sur une ligne horizontale *ab* qui atteint la hauteur du réservoir lui-même. Tout est en équilibre et en vertu d'un principe d'hydrostatique bien connu, la pression est égale dans tous les points du conduit.

Ouvrons l'orifice *b* du tube; l'écoulement se produit; aussitôt les conditions de pression sont entièrement changées. Vous voyez les niveaux du piézomètre s'échelonner suivant une pente régulière *ne*. Cette décroissance de pression est liée au mouvement du liquide. L'inclinaison de la pente est toujours d'autant plus grande que l'écoulement est plus rapide.

Si nous considérons isolément un des piézomètres et si nous cherchons pourquoi le liquide s'y élève moins haut que dans le réservoir, nous comprenons qu'une résistance a détruit une partie de la charge. Cette résistance est due à ce qu'on appelle le *frottement* du liquide dans les conduits. Dans un tube également calibré, ce frottement s'exerce également en chacun des points de la longueur du tube; son effet total sera donc proportionnel à la longueur de conduit qui a été traversée; voilà pourquoi chacun des piézomètres accuse une pression d'autant plus basse qu'il est plus éloigné de l'orifice d'entrée du liquide.

Mais si les résistances ne sont pas égales en tous les points de la longueur du tube, la décroissance des niveaux cessera d'être régulière. Créons un obstacle au cours du liquide dans le tube en le comprimant en son milieu *r* (fig. 3); aussitôt nous voyons la pression s'élever en amont et s'abaisser en aval de cet obstacle. Quand les niveaux se sont fixés en leurs positions nouvelles, nous constatons que

⁴ De πίεσις, pression, et μετρον, mesure.

la pente est plus faible que tout à l'heure. C'est que le débit est devenu moindre et que, par conséquent, les parties large du tube laissent circuler le liquide avec moins de vitesse. Or, comme les résistances de frottements croissent et décroissent en raison de la vitesse du courant, on comprend pourquoi la série des piézomètres accuse une moindre décroissance de pression que dans l'expérience précédente. Audessous de l'obstacle, la décroissance de pression est pareillement diminuée; en effet, toutes les parties de la colonne d'eau qui s'écoule sont solidaires les unes des autres et chaque section du tube a le même débit; la vitesse est donc pareille dans les dernières parties du tube qui ont le même diamètre que les premières, aussi la pente y est-elle la même.

Mais, au niveau de l'obstacle par rétrécissement, nous constatons qu'il se fait une grande chute de pression; il y a donc en ce point une grande vitesse des molécules liquides. Je dis vitesse des molécules, ce qu'il ne faudrait pas confondre avec augmentation du débit. En effet, tout rétrécissement est un obstacle et, comme tel, diminue le débit du liquide. En vertu de la solidarité nécessaire des tranches liquides qui cheminent les unes à la suite des autres, l'obstacle qui existe en un point limité retentit également sur tous les points de la longueur du tube et y rend le débit plus faible. Mais puisque chaque section du tube doit laisser passer en un même temps la même quantité de liquide, il est clair que les molécules auront une vitesse plus grande dans les points les plus rétrécis.

Une comparaison familière expliquera bien ce qui se passe alors. Représentez-vous un bataillon qui s'avance au pas sur une route ou dix hommes peuvent passer de front; tant que la route conserve sa largeur, tous les hommes marchent du même pas. Mais voici qu'un pont se présente où cinq hommes seulement peuvent passer de front; en ce point rétréci les soldats doivent courir ou du moins marcher deux fois plus vite, poussés par ceux qui viennent derrière eux et dont ils ne doivent pas entraver la marche. Une fois le pont franchi, les hommes reprennent le pas ralenti de tout à l'heure après s'être étalés de nouveau sur un front plus large. Ainsi se comportent les molécules liquides; elles cheminent rapidement dans les parties étroites d'un conduit, lentement dans les parties plus larges. Cette vitesse aux points rétrécis tient à ce que la pression s'élève en amont de l'obstacle et diminue en aval. Le lieu où la vitesse est la plus grande est celui où les pressions qui agissent sur les deux faces de chaque molécule présentent la plus grande inégalité.

Ne me reprochez pas ces longs détails sur la pression et la vitesse des liquides, leur connaissance donne la clef des variations que présentent la circulation du sang dans les vaisseaux, variations qui se traduisent par les signes extérieures que vous connaissez tous: le pouls, les pulsations du cœur et les changements locaux de la couleur, du volume et de la température des organes.

Un physiologiste anglais dont le nom, moins illustre que celui de Harvey, mérite cependant d'être respectueusement gardé, Hales, en 1744, montra que le sang circule dans les vaisseaux artériels sous une forte pression; il s'élevait, en effet, jusqu'à 8 pieds anglais dans un piézomètre vertical adapté à l'artère carotide d'un cheval. C'est sous cette forte charge que le sang jaillit si loin lorsqu'une artère est blessée.

Mais la pression n'est pas la même dans tous les points de l'arbre circulatoire. Au moyen de manomètres qu'ils appliquèrent aux différents vaisseaux, les physiologistes ont constaté que la pression est élevée dans toutes les artères, et que sa valeur atteint moyennement de 12 à 20 centimètres de mercure; que cette pression décroît légèrement à mesure qu'on explore une artère plus éloignée du cœur, conséquence nécessaire de la direction du courant sanguin. Enfin que dans le système veineux la pression est réduite à quelques centimètres de mercure, parfois cette pression est nulle ou même négative. Comment expliquer cette grande chute de pression des artères aux veines? Elle tient à ce que le sang, pour passer des artères dans les veines, rencontre de grandes résistances dans les petites artères et dans les capillaires qu'il doit traverser. En amont de ces obstacles, la pression est élevée; en aval elle est très basse.

Tout se passe comme dans l'expérience représentée figure 3, où nous avons, en comprimant le tube, créé une résistance au mouvement du liquide. C'est la forte pression du sang contenu dans les artères qui donne à ces vaisseaux élastiques cet état de gonflement, de tension, de dureté au toucher, qu'ils présentent chez les animaux vivants. Or cette pression n'est pas toujours la même; elle varie à chaque instant et, sur un même animal, présente parfois des écarts considérables. Deux causes peuvent faire varier la pression artérielle: d'une part, le cœur peut lancer le sang dans les artères avec plus ou moins d'énergie; d'autre part, les petits vaisseaux à travers lesquels le passage du sang est le plus difficile peuvent lui opposer des résistances plus ou moins considérables. Ces vaisseaux, en effet, va-

rient continuellement de calibre. Enveloppés d'une tunique musculaire-contractile, ils se relâchent ou se resserrent sous l'action de certains nerfs dont le plus efficace est le nerf *grand sympathique*. C'est à Cl. Bernard qu'est due la découverte de l'action des nerfs sur les vaisseaux, c'est là un de ses nombreux titres de gloire, c'est une des plus belles conquêtes de la science physiologique.

Permettez-moi de faire ressortir en quelques mots l'importance de la découverte de Cl. Bernard sur les nerfs vasculaires.

Je vous rappelais, il y a un instant, les hypothèses de l'ancienne médecine sur les forces qui appellent le sang dans un organe ou qui l'en repoussent, produisant ainsi la rougeur ou la pâleur, l'échauffement ou le refroidissement d'une partie du corps. Il fallait cependant bien trouver une cause locale à des mouvements locaux du sang, car le cœur est incapable d'adresser le sang qu'il envoie dans l'aorte à tel organe plus tôt qu'à tel autre. La cause des variations locales de la circulation n'est plus aujourd'hui une force mystérieuse et spéciale; elle rentre dans le groupe bien défini des forces musculaires soumises à l'action d'un système nerveux moteur.

Lorsqu'une émotion nous pâlit le visage; c'est que les nerfs vasculaires ont fait contracter les tuniques musculaires des artères de la face; le calibre de ces vaisseaux s'est rétréci, ils admettent moins de sang et la pâleur est la consé-

quence naturelle de ce resserrement vasculaire. À ce même resserrement des vaisseaux correspondent aussi l'amaigrissement des traits, car les tissus moins remplis de sang se dégonflent; le refroidissement, car le sang qui porte avec lui la chaleur dans les organes, ne vient plus suffisamment réparer les pertes de chaleur des régions qu'il traverse en moins grande abondance.

Inversement le visage rougit quand les vaisseaux y redeviennent plus larges; les tissus remplis de sang reprennent leur forme et leur couleur normales; la chaleur est ramenée dans la région avec le sang dont le cours y présente parfois une intensité exagérée; c'est la congestion qui se produit. Pour expliquer l'accroissement du calibre qu'éprouvent

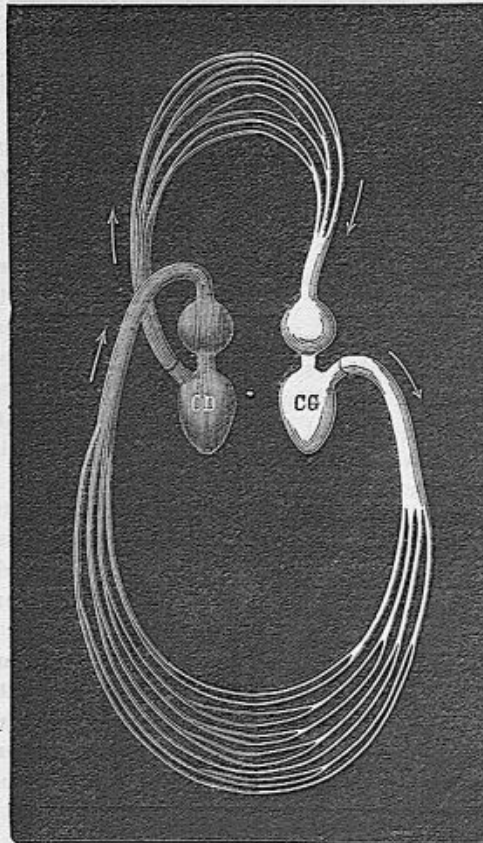


Fig. 1. — Itinéraire du sang.

alors les vaisseaux, il n'est pas besoin d'admettre une force nouvelle. Nous savons que sous l'impulsion du cœur le sang est soumis dans les artères à une pression considérable. Il suffit que les parois des vaisseaux soient moins énergiquement contractées que de coutume pour qu'elles cèdent à cette

pression et pour que le sang se fraye à travers les vaisseaux un large passage.

Si je pouvais m'étendre longuement sur ces phénomènes soumis aux nerfs vasculaires, je dirais quel rôle important ils jouent dans la circulation normale et comment ils président aux troubles cir-

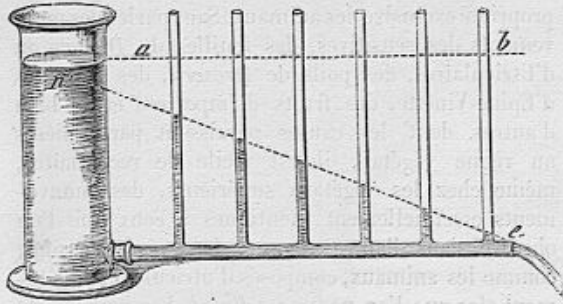


Fig. 2. — Décroissement de la pression dans les conduits de calibre régulier.

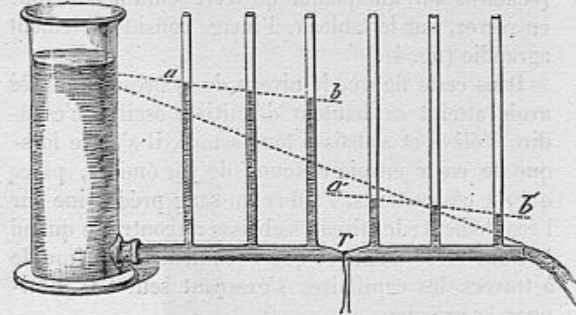


Fig. 3. — Répartition de la pression dans un tube inégalement calibré.

culatoires qu'on observe dans la plupart des maladies; je montrerais que la chaleur des fièvres ou des inflammations, que le froid du choléra ou de certains empoisonnements, ne doivent, ne peuvent s'expliquer que par des actions nerveuses s'exerçant sur les vaisseaux. Et je ferais voir ainsi combien la découverte de Cl. Bernard peut jeter de lumières sur la nature des maladies.

Mais revenons aux autres phénomènes qui accompagnent la circulation du sang. Le pouls que le médecin consulte avec tant de soin sur ces malades, à quoi tient-il? Et que signifient les variétés qu'il présente dans sa fréquence, sa force et ses caractères plus subtils, qu'un tact très délicat peut seul percevoir?

Le pouls est un effet des changements saccadés que produit dans la pression artérielle l'action intermittente de cette pompe vivante qu'on appelle le cœur. Si nous répétions l'expérience de Hales sur l'ascension du sang dans un tube manométrique, nous verrions que le niveau du liquide, arrivé au sommet de son ascension, n'y reste pas immobile mais subit des oscillations incessantes. Chaque fois que le niveau s'élève, c'est que le cœur envoie une certaine quantité de sang dans les artères, les gonfle, les distend en y élevant la pression; chaque fois que le niveau s'abaisse, c'est que la pompe cardia-

que cesse d'agir et que, pendant ce temps, le sang contenu dans les artères s'écoule en partie, non pas du côté du cœur où la clôture d'une soupape rend le reflux impossible, mais du côté des capillaires qu'il traverse pour passer dans le système veineux.

Ces phénomènes qui se passent dans les vaisseaux sanguins peuvent être reproduits dans un conduit quelconque; aussi vais-je vous rendre témoins des variations alternatives de la pression qui s'élève à chaque nouvel afflux du liquide et s'abaisse par suite de l'écoulement. Il suffira pour produire ce phénomène d'un simple tube de caoutchouc mis en communication avec un réservoir élevé rempli d'eau, tandis qu'à son extrémité terminale le liquide s'écoule par un orifice plus ou moins étroit. Un manomètre adapté sur le trajet de ce tube indique les variations de la

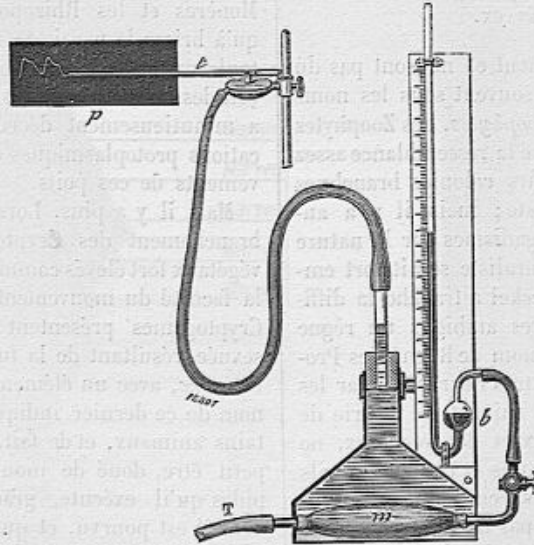


Fig. 4. — Manomètre métallique inscripteur.

pression qu'éprouve le liquide si je ferme ou si j'ouvre à tour un robinet placé entre le réservoir et le tube. Mais comme ces variations sont trop rapides et trop fugitives, nous allons les écrire, ce qui nous permettra d'en analyser facilement toutes les phases.

C'est à Ludwig que l'on doit la première idée d'inscrire les changements de la pression du sang. Si je n'emploie pas pour inscrire ces variations l'appareil imaginé par l'illustre physiologiste de Leipzig, c'est que la méthode graphique s'est modifiée dans

ces dernières années et que l'on peut recourir à une disposition plus commode.

J'adapte au tuyau où vont se produire les changements de pression un manomètre métallique *m* dont les oscillations transmises par l'air, à travers un tube, iront actionner un levier inscripteur jusqu'au foyer de la lanterne à projections. Les tracés seront recueillis sur une plaque de verre enfumée et vous en verrez, sur le tableau, l'image considérablement agrandie (fig. 4).

Dans cette figure, le niveau de la pression, après avoir atteint sa hauteur définitive, oscille, c'est-à-dire s'élève et s'abaisse tour à tour, il s'élève lorsque le cœur envoie chacune de ses ondées, parce que, à ces instants, l'afflux du sang prédomine sur l'écoulement; le niveau s'abaisse au contraire quand le cœur cesse d'agir et que l'écoulement du liquide à travers les capillaires s'exerçant seul fait diminuer la pression.

E. J. MAREY,

De l'Institut, professeur au Collège de France.

— La suite prochainement —

LES ORIGINES DE LA VIE

(Suite. — Voy. p. 209 et 249.)

LES ÊTRES INTERMÉDIAIRES ENTRE LES ANIMAUX ET LES VÉGÉTAUX.

Ces êtres existent réellement et ne sont pas du tout ceux que l'on désigne souvent sous les noms d'*animaux-plantes* ou de *Zoophytes*. Les Zoophytes sont de vrais animaux, malgré la ressemblance assez frappante que présentent leurs colonies branchues avec les rameaux d'un arbuste; mais il y a au-dessous d'eux une foule d'organismes sur la nature desquels le plus habile naturaliste serait fort embarrassé de se prononcer. Hæckel a tranché la difficulté en créant pour ces êtres ambigus un règne spécial, auquel il a donné le nom de Règne des Protistes. L'innovation n'est pas très heureuse : car les Protistes, origine commune, suivant la théorie de la descendance, des animaux et des végétaux, ne doivent pas être séparés des uns et des autres : ils ne constituent pas un type spécial dans le grand empire organique, ils ne sont pas une œuvre à part, ils sont tout au plus une *préface*. Dès lors il est inutile de créer pour eux un règne particulier, les isolant du règne végétal et du règne animal, auxquels ils touchent par tous les points.

Parmi ces Protistes, il faut ranger tous les êtres dont il a été question jusqu'ici. C'est là une proposition fort étonnante au premier abord. Comment croire que des êtres qui se meuvent, qui dévorent des proies vivantes puissent avoir rien de commun avec des plantes? La faculté de se mouvoir, celle de se nourrir de matières solides, ne sont-elles pas au plus haut point caractéristiques des animaux; n'établissent-elles pas un contraste absolu

entre ces derniers et les végétaux immobiles, incapables de s'alimenter autrement qu'à l'aide de matières liquides ou gazeuses?

On a pu le penser, en effet, pendant longtemps; mais une étude plus exacte des végétaux montre que ces différences sont loin d'être aussi absolues qu'elles le paraissent.

D'abord, le mouvement n'est en aucune façon la propriété exclusive des animaux. Sans parler des mouvements des sensitives, des feuilles de *Dionæa* ou d'Utriculaires, des poils de *Drosera*, des étamines d'Épine-Vinette, des fruits d'*Impatiens* et de bien d'autres dont les causes paraissent particulières au règne végétal, il est facile de reconnaître, même chez les végétaux supérieurs, des mouvements essentiellement identiques à ceux que l'on observe dans l'autre règne¹. Les végétaux sont, comme les animaux, composés d'utricules complètement clos que l'on nomme *cellules*. Les jeunes cellules végétales contiennent toujours une substance identique par tous ses caractères au *Protoplasma*, dont nous avons déjà si souvent parlé. Dans les poils des Étamines de *Tradescantia Virginica*, dans les poils vénéneux des orties, les poils étoilés de l'*Althæa rosea*, dans les cellules des *Chara* et de diverses autres plantes aquatiques, ce protoplasma est le siège d'une véritable circulation protoplasmique analogue à celle que présente le sarcode chez les Monères et les Rhizopodes. Il semble qu'on n'ait qu'à briser la paroi de la cellule pour voir le protoplasma s'épandre en masse et se mouvoir à la façon des amibes. Dans les poils des *Drosera*, Darwin a minutieusement décrit de fort curieuses modifications protoplasmiques qui accompagnent les mouvements de ces poils.

Mais il y a plus. Lorsque nous arrivons à l'embranchement des Cryptogames, qui contient des végétaux fort élevés comme les Fougères, nous voyons la faculté du mouvement se généraliser. Tous ces Cryptogames présentent un mode de génération sexuée, résultant de la fusion d'un élément femelle, la *spore*, avec un élément mâle, l'*anthérozoïde*. Le nom de ce dernier indique déjà qu'il rappelle certains animaux, et de fait, c'est presque toujours un petit être, doué de mouvements extrêmement rapides qu'il exécute, grâce aux battements de cils dont il est pourvu, et qui sont en tout semblables aux cils des zoospores des Radiolaires.

Chez les Fougères et les Prêles, l'anthérozoïde, enroulé en tire-bouchon, est pourvu, à sa partie antérieure, d'un nombre considérable de longs cils vibratiles (fig. 1, 8). Les Mousses et les *Chara* ont aussi des anthérozoïdes enroulés en hélice, mais seulement munis de deux cils (fig. 1, 5); les *Fucus* et les autres Algues marines de couleur olivâtre possèdent toutes des anthérozoïdes fort actifs, de forme ovoïde, présentant quelquefois un point oculaire de couleur rouge, et toujours deux fouets vibratiles

¹ Voy. le *Mouvement végétal*, la Nature, 4^e année 1876, 1^{er} semestre, p. 230, 244 et 263).

d'après les observations internationales, elle paraît s'identifier avec celle qui atteignait l'Europe par l'ouest de l'Irlande dans la soirée du 10. Pendant que le centre de la seconde traversait la région centrale des États-Unis, un tornado se formait le 10, vers 5 heures du soir, à Riverdale, dans la Louisiane; le tourbillon, accompagné d'un violent orage à grêle, occasionna tous les dégâts que causent habituellement ces phénomènes : arbres tordus ou déracinés, maisons renversées, lourds objets transportés au loin, etc.; la zone de dévastation avait à peine 100 mètres de large. Au moment où la trombe traversait une petite rivière, un observateur a remarqué que l'eau fut projetée à une grande hauteur.

L'hiver qui se termine a été très rigoureux en Californie. Dans le fond des vallées et sur les hauteurs élevées, les orangers, les citronniers, etc., ont souffert; mais comme la plupart des plantations sont cultivées sur les versants des montagnes, à de faibles hauteurs, elles n'ont pas été endommagées sérieusement, en sorte que la culture en grand de ces précieux arbustes, introduits depuis quelques années à titre d'essai, est un fait acquis aujourd'hui, puisqu'ils ont résisté aux froids d'un hiver considéré comme le plus rude qui ait été constaté depuis longtemps.

TH. MOUREAUX.

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 4 avril 1879.

M. Marcel Deprez présente un nouvel appareil magnéto-électrique réversible qu'il fait fonctionner soit comme moteur, soit comme source d'électricité. Cet appareil se fait remarquer par sa faible masse et par la régularité de son mouvement : il peut être employé pour produire le synchronisme de deux mouvements de rotation ou d'un mouvement de rotation et d'un mouvement vibratoire.

M. Bouty emploie un thermomètre à réservoir argenté, comme électrode négative dans la décomposition d'un sel métallique. Le métal, en se déposant, exerce sur le réservoir du thermomètre une action mécanique d'où résulte en général une diminution de volume, et une ascension de la colonne mercurielle. Quand on enlève le dépôt métallique, le thermomètre reprend son indication normale.

La cause de la contraction observée est une diminution de volume éprouvée par le métal qui se dépose. M. Bouty donne une formule qui représente très exactement le résultat de ses expériences.

Le nickel poreux absorbe de l'hydrogène, comme l'a montré M. Raoult quand on l'emploie comme électrode négative dans la décomposition de l'eau acidulée.

M. Henri Becquerel a déduit de ses recherches antérieures sur la polarisation rotatoire magnétique une relation entre la rotation R et l'indice de réfraction n . Pour les divers corps étudiés, le rapport $\frac{R}{n^2(n^2-1)}$ varie très peu et il est constant pour les corps d'une même famille chimique qu'il peut ainsi servir à caractériser.

Si l'on admet que ce rapport reste le même pour les substances gazeuses, on peut prévoir l'ordre de grandeur des rotations à observer, 1/30 000 de la solution du sulfate de carbone. D'après ces données, M. Henri Becquerel a fait construire un appareil permettant de mesurer la rotation magnétique dans les gaz à la température et à la pression ordinaires. L'appareil se compose d'un tube en cuivre de 5 mètres de long, fermé par des glaces parallèles et entouré d'une puissante bobine électro-magnétique.

Des miroirs convenablement disposés font subir au rayon lumineux plusieurs réflexions successives et lui font parcourir dans le tube une longueur de 27 mètres.

M. Gariel décrit sommairement la machine parlante de M. Faber, au sujet de laquelle nous appellerons l'attention de nos lecteurs.

LA CIRCULATION DU SANG

(Suite. — Voy. p. 538.)

Nous savons que la pression intérieure du sang dans les artères est la cause qui distend les vaisseaux, les gonfle et les rend durs sous le doigt qui les presse. Puisque cette pression subit, sous l'action intermittente du cœur, des variations incessantes, on doit s'attendre, lorsque l'on comprime une artère, à rencontrer sur elle des variations de dureté produites par les variations de la pression intérieure. C'est ce qui arrive en effet et le pouls des artères est dû précisément aux variations de consistance de ces vaisseaux. Le doigt déprime les artères au moment où elles mollissent par l'effet de la diminution de pression et elles soulèvent au contraire le doigt qui les comprime lorsqu'elles durcissent par l'effet d'une pression intérieure plus forte.

La véritable nature du pouls a été longtemps méconnue, mais il est bien établi aujourd'hui que ce phénomène ne tient ni aux inflexions, ni aux déplacements, ni même à la dilatation des artères, mais aux changements de consistance qu'elles éprouvent par l'effet des variations de la pression intérieure du sang.

La pulsation artérielle dont le toucher ne donne qu'une connaissance imparfaite gagne à être remplacée par une courbe pareille à celle que le manomètre nous a fourni tout à l'heure.

Pour cela, comprimons l'artère au moyen d'un ressort flexible; la pression constante de ce ressort sera tantôt suffisante et tantôt insuffisante pour déprimer le vaisseau. Nous verrons donc le ressort s'élever et s'abaisser tour à tour, tantôt déprimant la paroi de l'artère et tantôt soulevé par elle. Et comme ce mouvement est trop faible pour être perçu aisément, nous l'amplifions par un levier dont la pointe tracera suivant la méthode ordinaire la courbe du pouls. L'instrument destiné à cet usage est le sphygmographe. Quand on fait agir directement le ressort sur le levier, c'est le *sphygmographe direct* que vous voyez fonctionner en ce moment (fig. 1). Quand on transmet par l'air le mouvement du ressort à un levier placé à distance, c'est le *sphygmographe à transmission* (fig. 2) dont je vous ferai connaître tout à l'heure les avantages.

En somme, cette méthode d'inscription montre que le pouls présente des formes très variées (fig. 3) et que les caractères délicats qu'il accuse ne sauraient être appréciés exactement par le tact le plus exercé.

Si l'on voulait aborder l'analyse de ses formes

et déterminer la cause de toutes les variations de la pression du sang révélées par ces différents types, il faudrait entrer dans de longs détails. Qu'il me suffise de dire que pour apprécier sûrement les conditions qui donnent naissance aux différents types du pouls, le meilleur moyen c'est de les reproduire artificiellement en changeant la force du cœur, la durée de son action, la fréquence de ses mouvements; en faisant varier la résistance des capillaires, le calibre et l'élasticité des vaisseaux, etc.

J'ai construit dans ce but des appareils artificiels, imitant toutes les conditions hydrauliques de la circulation du sang. Il n'est peut-être pas un seul des types du pouls observés sur l'homme qui n'ait été reproduit par ces appareils où l'on peut modifier de maintes façons la circulation du liquide. En étudiant ainsi dans des conditions bien déterminées et que l'on règle à volonté les influences qui changent les caractères du pouls, on arrive à des résultats fort curieux que l'on n'aurait pas pu obtenir sur les animaux, car chez eux on n'est pas maître de gouverner à son gré les conditions de la circulation du sang. Quelques exemples feront saisir l'importance de cette méthode.

On croyait généralement que la force du pouls exprime l'énergie plus ou moins grande avec laquelle le cœur envoie le sang dans les artères. Les expériences de circulation artificielle montrent qu'il faut chercher ailleurs la cause de ces différences dans la force du pouls. Celle-ci réside le plus souvent bien loin du cœur : je veux dire dans les ramifications des vaisseaux.

Quand les artérioles et les vaisseaux capillaires sont resserrés, la pression augmente dans les artères; dès lors le cœur, tout en conservant sa force, ne peut amener dans cette pression qu'une élévation beaucoup moindre; aussi, les pulsations sont-elles

faibles. Lorsqu'au contraire les petits vaisseaux dilatés laissent passer aisément le sang des artères dans les veines, la pression artérielle baisse, comme nous l'avons vu, et la force du cœur, tout en restant la même, est capable de créer une plus grande variation dans la pression du sang, alors les pulsations sont fortes.

Il est un autre phénomène dont plusieurs des tracés que vous venez de voir portent l'empreinte :

c'est une ondulation de la phase descendante de la courbe.

Cette ondulation correspond à un redoublement de la pulsation qui est parfois sensible au doigt dans certaines maladies, dans la fièvre typhoïde,

par exemple, et que les médecins appellent *dicrotisme* du pouls. On avait fait bien des théories sur la cause de ce phénomène; l'appareil circulatoire artificiel permet de voir dans quelles conditions il se produit. Ce dicrotisme résulte de ce que le sang, projeté avec vitesse, forme dans les artères qui ont une certaine longueur, des ondes, des vagues pour ainsi dire, qui se suivent en allant du centre à la périphérie et constituent, au moment où elles passent dans le vaisseau, une cause d'élévation de pression.

Ces ondes se forment localement dans les vaisseaux où on les observe, elles n'existent pas dans l'aorte,

leur intensité et leur durée sont à leur maximum dans les artères les plus longues. Enfin, comme la production de ces ondes exige une impulsion rapide du sang, leur existence suppose que la pression soit basse dans le système artériel et que, par conséquent, le cœur se vide aisément.

La forme onduleuse du pouls se reproduit sur les appareils artificiels dont il a déjà été question. On la voit apparaître aussitôt que la pression artérielle est abaissée à un certain degré. Toutes les formes du pouls que le sphymographe permet de

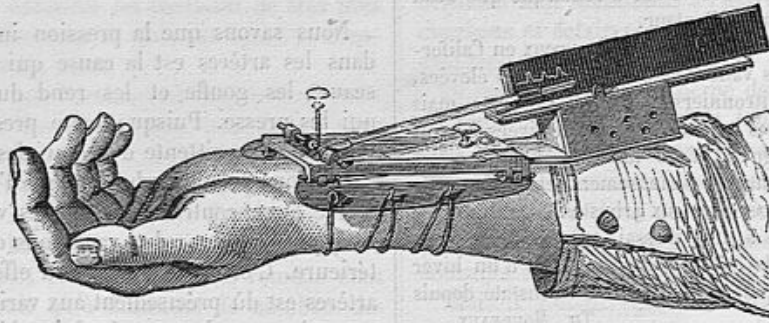


Fig. 1. — Sphymographe direct.

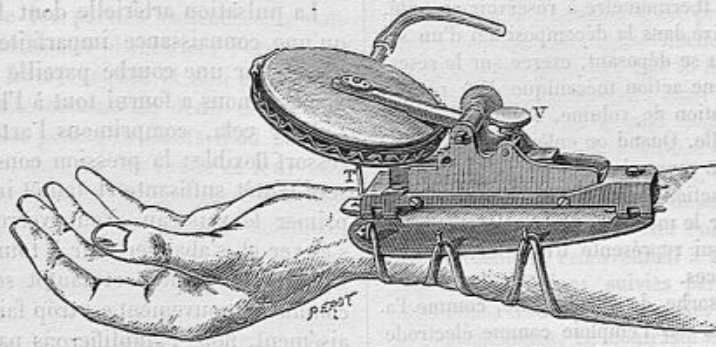


Fig. 2. — Sphymographe à transmission envoyant la pulsation artérielle à un levier inscripteur situé à distance.

reconnaître sur l'homme à l'état sain ou dans les maladies peuvent se reproduire aussi artificiellement quand on imite les conditions mécaniques de l'impulsion du cœur, de l'élasticité des artères ou de la perméabilité des petits vaisseaux.

En résumé, le sphygmographe traduit par les inflexions d'une courbe les différentes phases de la pression du sang dans les artères. C'est donc une sorte de manomètre; mais, à la différence du manomètre à mercure qui donne la valeur absolue des variations de la pression qu'il exprime, le sphygmographe ne fournit que des indications relatives.

Est-il donc impossible d'obtenir sur l'homme ces déterminations précises de la pression du sang que les physiologistes obtiennent sur les animaux en appliquant un manomètre à leurs artères? Vous allez voir que la valeur absolue de la pression du sang peut être obtenue sur l'homme au moyen du manomètre appliqué d'une certaine manière.

Quand on exerce sur la peau un certain degré de pression, on voit pâlir la région comprimée; cela veut dire que le sang a été chassé des vaisseaux par une pression extérieure plus forte que la pression intérieure qui l'y faisait pénétrer. Or si l'on connaissait la pression extérieure nécessaire pour surmonter la pression du sang, on aurait une mesure absolue de cette dernière.

C'est ce qu'on fait en plongeant un membre, ou simplement un doigt dans un vase rempli d'eau que l'on comprime d'une manière graduelle tandis qu'un

manomètre indique la valeur de cette contre-pression exercée sur les tissus.

La figure 4 montre la disposition de l'expérience. Un doigt est engagé dans un tube de verre M rempli d'eau et fixé par des attaches solides à un bracelet qui entoure le poignet. Une valve autoclave empêche le liquide de s'écouler autour du doigt.

Au moyen d'une petite presse C on comprime le liquide dans le tube de verre et l'on voit s'élever graduellement la colonne du manomètre. Or, cette colonne est agitée de mouvements continus tant que le sang pénètre dans le doigt.

Ces mouvements sont rythmés comme ceux du pouls, mais on les voit faiblir graduellement à mesure que la pression

s'élève. Le sang finit par ne plus pouvoir pénétrer dans le doigt quand la contre-pression excède la pression sanguine et l'immobilité du mercure marque le degré correspondant à cet arrêt.

On obtient ainsi une mesure de la valeur manométrique de la pression du sang dans les artères collatérales des doigts.

Cette valeur change beaucoup suivant l'état de la circulation à l'état sain et surtout dans les maladies.

Mais je n'insisterai pas plus longtemps sur ces

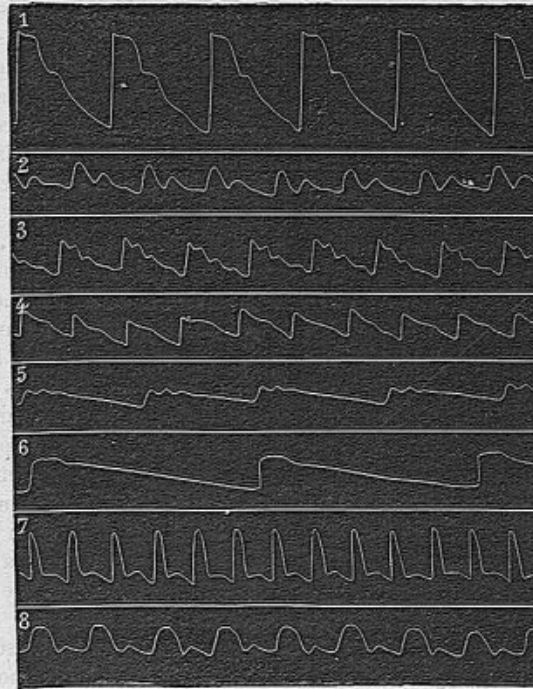


Fig. 3. — Types divers du pouls.

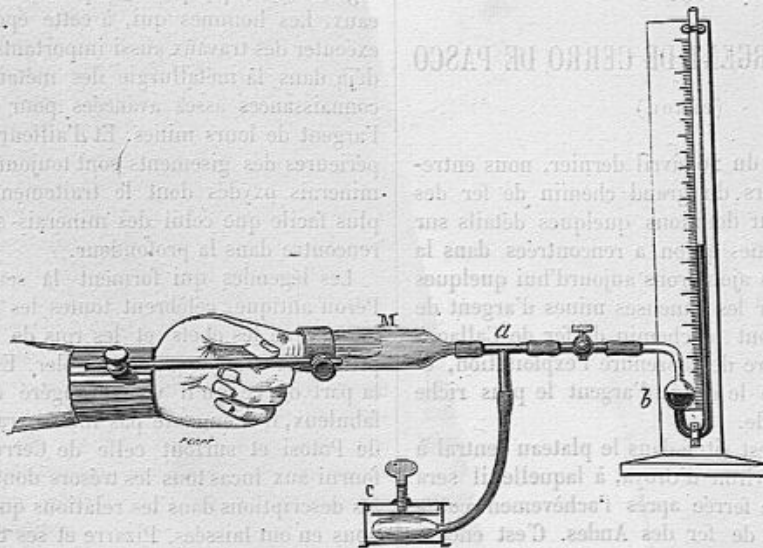


Fig. 4. — Disposition pour mesurer la pression du sang sur l'homme au moyen d'un manomètre.

détails techniques dont l'importance peut vous sembler secondaire.

E. J. MAREY,

De l'Institut, professeur au Collège de France.

— La suite prochainement. —

SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS

Séance du 18 avril 1879.

M. Ant. Guyard fait connaître une loi particulière aux ferro-cyanures métalliques. M. Ant. Guyard a obtenu un oxyferro-cyanure de cuivre ammoniacal en chauffant à l'air libre le ferro-cyanure de cuivre ammoniacal. — M. Carnot indique un procédé de dosage par voie sèche à l'aide de l'hydrogène sulfuré. On se sert de l'appareil de Rose. On a de bons dosages avec le cobalt, le nickel, l'étain, l'antimoine et le bismuth, à condition de ne pas dépasser le rouge sombre, sauf pour le nickel. — MM. Friedel et Sarrazin ont obtenu du quartz cristallisé par l'action de l'acide chlorhydrique en vase clos à 550 degrés sur la silice gélatineuse, et présentent à la Société des cristaux de quartz ainsi préparés. — M. Friedel présente un appareil à densités de vapeur construit sur le principe de M. V. Meyer et fait connaître les modifications qu'il y a apportées. — M. Miquel décrit un nouveau ferment figuré de l'urée. C'est un Bacillus qu'on ne saurait confondre avec la Torule ammoniacale et qui a été découvert dans les eaux d'égout. — M. Grosheintz envoie une note sur le bromure de tétrallyl ammonium et le triallylamine. — M. Jousset indique un procédé de préparation de la nitrosoguanidine en traitant le sulfocyanate de guanidine par l'acide azotique au dixième.

LES MINES D'ARGENT DE CERRO DE PASCO

(PÉROU)

Dans la Nature du 26 avril dernier, nous entretenions nos lecteurs du grand chemin de fer des Andes, et nous leur donnions quelques détails sur les difficultés inouïes qu'on a rencontrées dans la construction; nous ajouterons aujourd'hui quelques renseignements sur les fameuses mines d'argent de Cerro de Pasco, dont le chemin de fer de Callao à Oroya va permettre de reprendre l'exploitation, et qui paraissent être le dépôt d'argent le plus riche qui existe au monde.

Cerro de Pasco est situé dans le plateau central à 100 kilomètres environ d'Oroya, à laquelle il sera réuni par une voie ferrée après l'achèvement complet du chemin de fer des Andes. C'est encore actuellement une petite ville aux rues tortueuses, à l'apparence tout à fait misérable, dont les maisons ou plutôt les huttes sont bâties en terre, une terre qui renferme, d'après les essais faits sur l'ordre du gouvernement péruvien, de 25 à 50 francs d'argent par mille kilogrammes. La ville est située à une altitude peu différente de celle d'Oroya, 5800 mètres

environ au-dessus du niveau de la mer, et, tout en étant voisine du 12° degré de latitude, elle jouit en raison de cette hauteur d'un climat tempéré. La température extrême en été ne dépasse guère 50 degrés, et en hiver elle ne s'abaisse pas au-dessous de 0 degré. Pendant les mois d'hiver, de juillet à septembre, il pleut fréquemment, et il tombe beaucoup de neige. La pression barométrique se maintient toujours voisine de 40 centimètres, et les ouvriers étrangers arrivant des plaines du Pérou éprouvent toujours de grandes difficultés avant de s'habituer à vivre sous une pression aussi basse et de s'acclimater dans le pays; aussi, jusqu'à présent les mines ont été exploitées seulement par les habitants du plateau central, et les méthodes de traitement qui sont suivies de temps immémorial n'ont subi aucun perfectionnement depuis longtemps.

Les premiers habitants du Pérou, avant les Incas, devaient posséder déjà une civilisation très avancée si nous en jugeons d'après les traces qu'ils nous ont laissées, et ils avaient acquis sans doute une grande habileté dans la métallurgie.

En suivant la ligne du chemin de fer des Andes, on rencontre, sur toute la longueur de la chaîne, de gigantesques travaux de terrassements qu'ils ont exécutés autrefois pour arrêter l'entraînement du sol par les torrents. Ce sont des terrasses superposées sur le flanc de la montagne, soutenues par des murs en maçonnerie de 2 mètres de hauteur et formant autant de gradins gigantesques sur lesquels restait le terrain fertile, le seul qu'on put cultiver au milieu de ces rochers escarpés. Aujourd'hui encore nous ne faisons pas autre chose dans les montagnes d'Europe pour empêcher les érosions des eaux. Les hommes qui, à cette époque, pouvaient exécuter des travaux aussi importants, devaient avoir déjà dans la métallurgie des métaux précieux des connaissances assez avancées pour savoir extraire l'argent de leurs mines. Et d'ailleurs les parties supérieures des gisements sont toujours composées de minerais oxydés dont le traitement est beaucoup plus facile que celui des minerais sulfureux qu'on rencontre dans la profondeur.

Les légendes qui forment la seule histoire du Pérou antique, célèbrent toutes les richesses fabuleuses que les chefs et les rois de ces populations primitives avaient pu rassembler. En faisant même la part de ce qu'il y a d'exagéré dans ces récits fabuleux, il n'en reste pas moins vrai que les mines de Potosi et surtout celle de Cerro de Pasco ont fourni aux Incas tous les trésors dont nous trouvons les descriptions dans les relations que les Espagnols nous en ont laissées. Pizarre et ses compagnons ont visité les tombes des rois Incas et en particulier le temple de Cuzco, dont ils évaluaient la richesse à plus de 60 millions, et ils ont rapporté du Pérou une quantité de métaux précieux qui contribua pour beaucoup à la grandeur éphémère de l'Espagne après la découverte de l'Amérique.

On ne trouve guère de renseignements certains

sortes de spirales de sens différent restent quelques instants tracées à la surface du liquide après que le courant a cessé d'agir et conservent même le mouvement dont le liquide était animé sous l'influence magnéto-électrique.

L'expérience décrite ci-dessus peut se rattacher à plusieurs autres sur la rotation des liquides traversés par des courants autour des aimants, telles que celles de MM. Wartmann, Jamin, etc. Mais ce qui la caractérise plus particulièrement, c'est la rotation en forme de courbes spirales, par suite de l'action magnétique qui s'exerce sur les courants rayonnant autour d'un même point formé par l'extrémité de l'électrode; et la netteté de ces spirales est d'autant plus grande que l'électrode fournit elle-même, par sa désagrégation, la matière solide nécessaire pour rendre visible la marche des courants au sein du liquide.

Sondage électrique. — Parmi les diverses applications que l'on peut faire des résultats de ses recherches, M. Planté, après avoir décrit la *gravure électrique sur verre*¹, en signale une autre non moins intéressante que la précédente, sous le nom de *sondage électrique* :

On a vu, dit M. Planté, que l'une des électrodes qui conduit un courant électrique d'une certaine tension, étant amenée au contact du verre, en présence d'une solution saline, agissait comme un burin ou un diamant pour tracer des sillons à la surface du verre et le creuser même assez profondément.

Le cristal de roche peut être aussi attaqué, malgré sa dureté, par la même méthode, et s'il ne se grave pas régulièrement, il éclate du moins en petits fragments, sous l'influence de l'électrode, et finit par être désagrégué.

Or on emploie aujourd'hui, en Amérique, un procédé imaginé en France² consistant dans l'usage de diamants noirs pour attaquer les roches dures et exécuter les forages de puits de mines³.

Ne pourrait-on pas remplacer l'emploi de ces diamants, dont le prix est très élevé (et qui se perdent peu à peu en se détachant des pièces auxquelles ils sont fixés), par l'action du courant électrique, dans des conditions analogues à celles qui viennent d'être décrites, et obtenir ainsi la perforation des roches par l'électricité?

Des électrodes de platine ne seraient pas nécessaires, car ce n'est point ici le métal de l'électrode qui s'altère, mais la matière siliceuse, en présence de la solution saline. Des pointes ou saillies métalliques distribuées convenablement à l'extrémité de la tige forante, isolée sur une portion de sa longueur et animée d'un mouvement de rotation, amèneraient le courant électrique à la surface de la roche qu'il

s'agirait de pulvériser et remplaceraient ainsi les nombreux diamants noirs enchassés ou sertis à l'extrémité de la tige, dans le procédé du sondage au diamant. Les progrès récemment accomplis dans la production de l'électricité, par voie mécanique, pourraient faciliter cette application.

LA CIRCULATION DU SANG

(Suite et fin. — Voy. p. 338 et 335.)

J'arrive à cet autre phénomène que vous connaissez tous et qu'on appelle le *battement du cœur*. Ici encore, bien des théories ont été émises qu'il faut abandonner. Et d'abord il vaut mieux désigner ce phénomène sous le nom de pulsation, car il est, par sa nature, identique à la pulsation des artères. Comme elle, le cœur durcit et mollit tour à tour, suivant qu'il se contracte et comprime le sang qu'il renferme, ou bien qu'il se relâche et reçoit dans son intérieur le sang que lui versent les veines. Pour définir complètement le mécanisme de la pulsation cardiaque, il faudrait entrer dans de trop longs détails. Je me bornerai à montrer qu'en faisant agir les pulsations du cœur sur un appareil explorateur assez analogue au sphygmographe à transmission on les inscrit de même que les pulsations artérielles. Ce mode d'inscription va se produire devant vos yeux.

Pour le cœur comme pour le poulx, la forme des courbes est extrêmement variable; or, pour bien faire saisir les conditions dans lesquelles se produit chacune de ces formes, leur reproduction au moyen de l'appareil circulatoire artificiel est extrêmement précieuse.

Mais ce qui aide le plus à comprendre la signification des différentes formes de la pulsation du cœur, c'est de l'inscrire en même temps que celle du poulx. Et pour cela l'emploi du sphygmographe à transmission est nécessaire, car il peut s'employer concurremment avec l'explorateur de la pulsation du cœur (fig. 5). Deux leviers superposés écrivent, l'un la courbe du cœur, l'autre celle de l'artère, et comme dans les deux tracés les parties qui sont exactement superposées se sont inscrites simultanément, on peut voir d'après ces coïncidences à quel type de pulsation du cœur correspond chaque type de pulsation du poulx artériel. On a sous les yeux (fig. 1), à la fois, deux actes dont l'un est la cause et l'autre l'effet. La courbe supérieure montre comment le cœur s'emplit et se vide; l'inférieure, comment les artères reçoivent le sang du cœur et le laissent écouler par les petits vaisseaux.

Cette comparaison des pulsations du cœur à celles des artères est particulièrement intéressante dans les cas où le cœur présente de l'irrégularité dans le rythme et la force de ses mouvements. La figure 2 est un beau spécimen de ce genre d'irrégularités inscrites simultanément du côté du cœur et du côté du poulx.

¹ Voy. *la Nature*, 6^e année, 1878, n° 247, p. 205.

² Voy. *Bulletin de l'Association scientifique de France*, 1866 et 1879, note de M. O. de Lacolonge, n° 592, p. 556.

³ Voy. *la Nature*, 10 août 1878: Le Sondage au diamant (L. Bacle).

Quand on examine un double tracé du cœur et du pouls on y voit autre chose encore; c'est que la pulsation artérielle retarde sur celle du cœur de $1/10$ de seconde environ. Ce retard si léger que notre toucher aurait grand-peine à le constater s'accuse, sur les tracés, par un défaut de superposition de la courbe cardiaque et de la courbe artérielle. Deux lignes verticales passant chacune par l'origine d'une des deux pulsations sont séparées l'une de l'autre par un certain intervalle qui, étant connue la vitesse de la marche du papier, est facile à évaluer en temps. Un retard s'observe également quand on inscrit à la fois le pouls de deux artères dont l'une est voisine du cœur et l'autre en est éloignée.

On serait tenté de croire, au premier abord, que le sang qui vient d'être lancé par le cœur est arrivé plus vite aux artères les plus voisines qu'à celles qui sont plus éloignées et que ce retard du pouls est dépendant de la vitesse du mouvement du sang. Il n'en est rien pourtant et l'on peut affirmer qu'au moment où le pouls se produit dans une artère, il n'est encore rien arrivé dans ce vaisseau du sang que le cœur a lancé par sa dernière systole. Le pouls de l'artère est l'effet d'une augmentation de pression qui se transmet, de proche en proche, d'une molécule du liquide aux autres; ce mouvement se propage à la manière des ondes, mais est indépendant du mouvement du liquide lui-même.

Ainsi, dans une rivière qui coule lentement, si nous jetons un caillou, des ondes se forment et se propagent avec une certaine vitesse. Or, la propagation de ces ondes ne constitue pas un transport de liquide; les unes en effet, remontent le cours de l'eau sans le ralentir en aucune manière; les autres, suivent le fil de la rivière, mais cheminent incomparablement plus vite que l'eau; on en peut juger par la marche lente des corps flottants que l'onde atteint, soulève et dépasse sans en accélérer le transport.

Ce mouvement des ondes liquides à l'intérieur des vaisseaux sanguins est soumis à des lois que l'on détermine aisément au moyen des appareils inscripteurs. La vitesse du transport de l'onde prend une importance considérable dans le diagnostic de certaines maladies du cœur et des vaisseaux; l'existence d'un anévrisme sur une artère y ralentit tellement la marche de l'onde, que le retard du pouls suffit, à lui seul, pour faire diagnostiquer l'existence d'un anévrisme sur le trajet de l'artère explorée, même lorsque la tumeur n'est pas accessible aux autres moyens d'observation.

Mais si le transport de l'onde ne correspond pas à la vitesse du sang dans les artères, quelle est donc cette vitesse et comment peut-on la mesurer? C'est là, un des points de la physiologie expérimentale les plus difficiles, mais aussi les plus importants à élucider. La mesure de la vitesse du sang a été obtenue de plusieurs manières que je vais exposer tout à l'heure; mais permettez-moi d'abord de faire ressortir toute l'importance de la question.

Le manomètre, si précieux qu'il soit entre les mains des physiologistes, ne renseigne pas exactement sur la manière dont le sang circule dans les vaisseaux. En effet, s'il accuse une pression plus élevée que de coutume, il ne nous révèle pas la cause de cette élévation de pression. Vous avez vu tout à l'heure, par les expériences de Bernouilli, que la pression s'élève dans un manomètre quand on crée au-dessous de lui des résistances au passage du courant. Mais la pression s'élève aussi quand on accroît la charge du réservoir source d'afflux. De sorte que l'élévation de pression dans un point d'une conduite d'eau peut signifier également bien, augmentation de la force qui pousse le liquide, ou augmentation des résistances qui le retiennent. Le physiologiste qui applique un manomètre aux artères et voit que la pression s'élève, hésitera donc toujours entre deux causes: est-ce la force du cœur qui s'est accrue? est-ce le resserrement des petits vaisseaux qui retient le sang? La connaissance de la vitesse du sang viendrait lever tous les doutes. Si cette vitesse s'est accrue en même temps que la pression, cela tient à un accroissement de l'action du cœur; si, en même temps que la pression a augmenté la vitesse est devenue moindre, cela tient au resserrement des petits vaisseaux.

Une comparaison familière fera mieux comprendre la production de ces deux effets contraires, suivant la nature du changement qui s'est opéré dans les conditions du mouvement du sang.

Si l'on vous disait que le niveau d'une rivière s'est élevé, vous ne pourriez pas d'après cette indication toute seule, savoir si cette élévation de niveau tient à ce que des pluies ont grossi les affluents de la rivière ou à ce qu'un barrage établi en aval retient l'écoulement des eaux. Mais si vous appreniez qu'en même temps qu'elle a grossi, la rivière est devenue plus rapide, nul doute: c'est que l'eau arrive en plus grande quantité; tandis que si la crue s'accompagne de ralentissement de courant, c'est un obstacle en aval qui l'a produite.

Dans la circulation du sang, la pression correspond à ce qu'est la hauteur du niveau dans les rivières; aussi, pour en apprécier la cause, avons-nous besoin d'estimer en même temps la vitesse du courant sanguin.

Je ne vous citerai pas les tentatives infructueuses faites par un grand nombre de physiologistes pour mesurer la vitesse du sang, et j'arrive immédiatement aux belles expériences de mon collègue et ami Chauveau, professeur à la faculté de médecine de Lyon.

Plongeant un jour une épingle à travers les parois de la carotide d'un cheval, Chauveau remarqua des mouvements saccadés imprimés à l'aiguille par le courant dans lequel baignait sa pointe. Ces mouvements faisaient basculer la tête de l'aiguille en sens inverse du courant du sang; ils étaient rythmés comme les battements du pouls. Ce fut pour l'éminent physiologiste un trait de lumière; il fit faire

un instrument dans lequel un tube placé sur le trajet d'une artère était traversé par le sang, tandis qu'une aiguille large et plate, plongeant dans l'intérieur du tube, traduisait, par les excursions plus ou moins étendues de sa partie libre, les déviations

que le courant faisait subir à sa partie immergée. L'extrémité de cette aiguille était munie d'une plume et traçait suivant la méthode ordinaire les courbes de la vitesse du sang.

Voici la courbe obtenue (fig. 5). On y voit que la

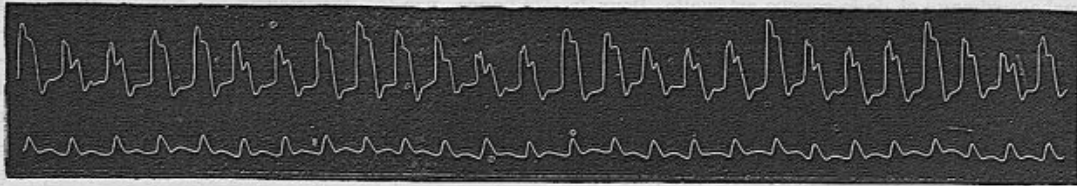


Fig. 1. — Pulsations du cœur (ligne supérieure), et pouls artériel (ligne inférieure) inscrits simultanément sur un sujet sain.

vitesse croît et décroît deux fois pendant l'intervalle de deux battements de cœur, c'est-à-dire qu'elle

présente, comme le pouls et même à un degré plus prononcé que lui, une sorte de dirotisme.

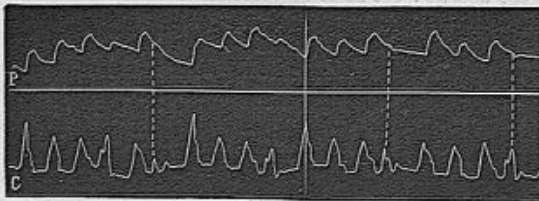


Fig. 2. — Pulsations du cœur C, et pouls artériel P dans une maladie du cœur.

Toutefois, ces mouvements alternatifs ne correspondent pas toujours à des oscillations alternatives du sang dans un sens et dans l'autre, ils n'expriment que des variations en plus ou en moins de la vitesse; mais celle-ci peut ne pas être nulle, et la courbe des vitesses ne pas atteindre la ligne de zéro : celle que trace l'instrument lorsque l'on comprime l'artère de manière à y arrêter le cours du sang.

Si l'on veut savoir à quelle vitesse absolue correspondent les différentes déviations de l'aiguille, il faut graduer l'instrument, c'est-à-dire le soumettre à des courants de sang dont la vitesse soit connue, en déterminant pour chacune de ces vitesses la quantité dont l'aiguille est déviée. Cette manière de mesurer la vitesse du sang se rapproche de celle qu'emploient les ingénieurs pour estimer la rapidité des cours d'eau à l'aide du pendule hydrométrique. Mais les ingénieurs recourent plus souvent à l'emploi d'un autre appareil qu'on

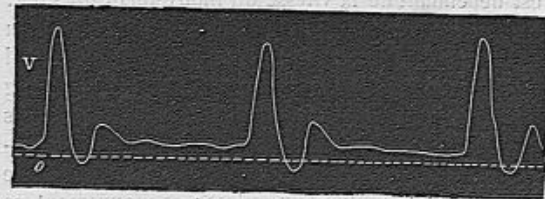


Fig. 3. — Courbe de la vitesse du sang obtenue sur la carotide du cheval avec l'appareil de Chauveau.

appelle le *tube de Pitot* et dont le principe se prête également à la construction d'un inscripteur de la vitesse du courant sanguin. Avant de faire fonctionner cet instrument, je dois en indiquer les détails au moyen d'une figure théorique.

Un tuyau (fig. 4) que le courant de liquide traverse contient à son intérieur deux tubes coulés à angle droit (ce qu'on nomme tubes de Pitot). Ces tubes se rendent au dehors dans deux capsules métalliques dont les faces intérieures, celles qui se regardent, sont formées de membranes souples en toile imperméable. Deux disques de métal placés sur ces membranes sont réunis l'un à l'autre par une traverse.

Le système étant rempli d'eau sans vitesse, la pression forte ou faible qui poussera les deux membranes l'une contre l'autre, étant égale dans les deux capsules, se fera parfaitement équilibre et aucun déplacement n'aura lieu. Mais, qu'un courant se produise, aussitôt l'équilibre

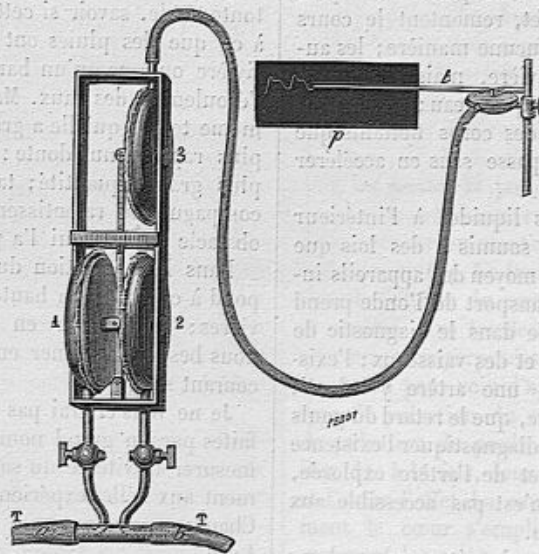


Fig. 4. — Appareil inscripteur de la vitesse d'un courant de liquide.

sera rompu; le tube de Pitot *a*, dont l'ouverture est tournée en avant, recevra une pression plus forte que celui qui est dirigé en arrière *b*, et la pression devant inégale dans les capsules, on verra les membranes et les disques se déplacer, allant de la pression la plus forte vers la plus faible. Ce mouvement, transmis suivant les procédés ordinaires, à un levier inscripteur *t*, donnera la courbe de la vitesse du courant.

L'expérience va être faite sous vos yeux. On projette sur l'écran l'appareil inscripteur des vitesses; vous reconnaissez dans sa forme les détails représentés dans la figure théorique. Il n'y a pas encore

d'écoulement à travers le tube. Mais on ouvre un robinet; aussitôt le courant se traduit par un déplacement des disques et ce mouvement, transmis suivant les moyens ordinaires, s'inscrit sous forme d'élévation de la courbe des vitesses.

L'intérêt véritable de cette expérience consiste, comme nous l'avons dit, à combiner les indications de la vitesse avec celles de la pression. Un manomètre inscripteur a été adapté au même tube. En ce moment le liquide du réservoir n'arrive pas; il n'y a ni vitesse ni pression; les deux appareils sont au zéro. L'écoulement commence; la vitesse et la pression se traduisent toutes deux et prennent une

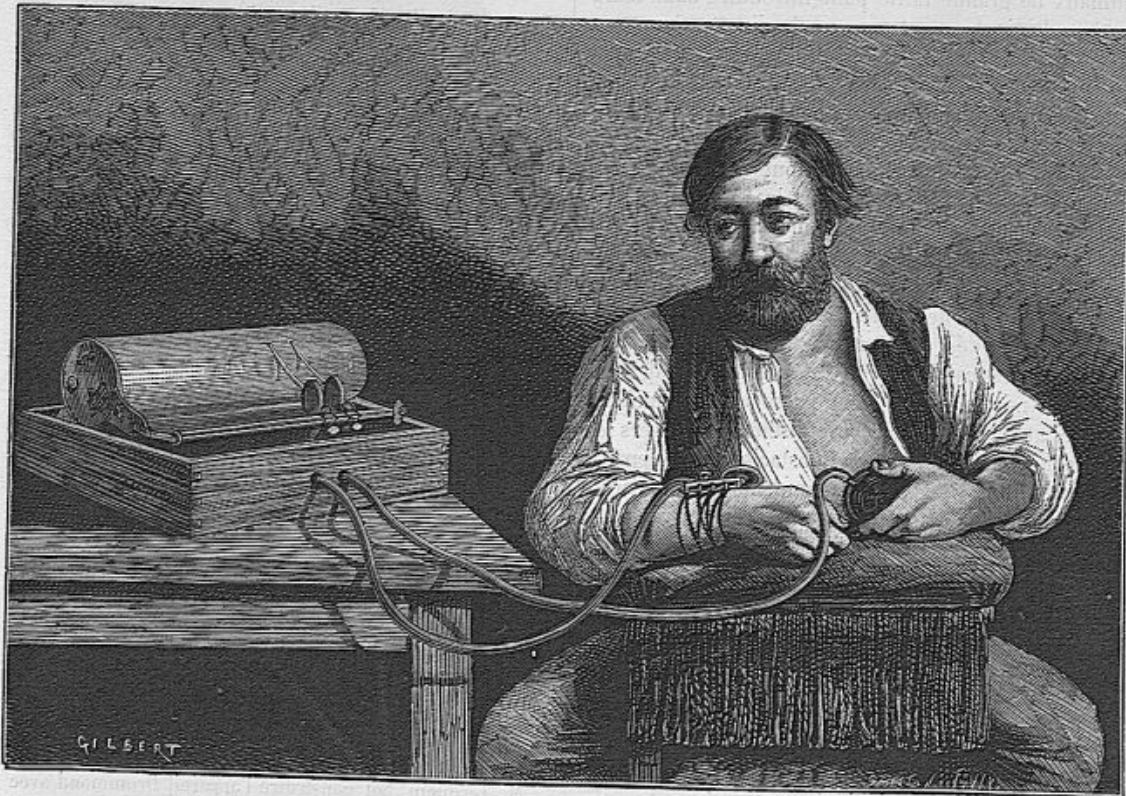


Fig. 5. — Inscription simultanée des pulsations du cœur et du pouls radial sur un malade.

certaine valeur qu'on lirait sur l'échelle graduée des tracés.

Or, nous avons vu que toute modification dans les résistances terminales que rencontre l'écoulement du liquide agira en sens inverse sur la pression et sur la vitesse: un accroissement de résistance fera monter la pression et baisser la vitesse; une diminution des résistances terminales fera croître la vitesse et décroître la pression. Ces effets inverses vont être produits par l'ouverture plus ou moins large de l'orifice d'écoulement.

Si, au contraire, nous modifions la force avec laquelle le liquide pénètre dans le conduit, nous obtiendrons des variations parallèles dans les deux instruments; car la vitesse et la pression croissent

toutes deux si l'afflux est plus énergique, décroissent toutes deux si cet afflux faiblit. L'expérience se fait en ce moment au moyen de l'ouverture variable du robinet qui règle l'entrée du liquide; vous voyez les leviers inscripteurs s'élever tous deux ou s'abaisser tous deux à la fois.

Ainsi, le physiologiste expérimentateur, en observant en même temps les variations de la vitesse et celles de la pression du sang dans les artères, ne conservera plus ces doutes qui planaient sur toutes les expériences faites au moyen du manomètre tout seul; il saura, lorsqu'une modification survient dans le cours du sang, s'il a affaire à un changement dans la force du cœur ou à une différence dans la résistance des petits vaisseaux.

Ceux qui savent combien, dans ces dernières années, les physiologistes ont fait de travaux au moyen du manomètre appliqué aux artères, comprendront toute l'importance de ce double contrôle. Il vient à point pour arrêter certaines conclusions qui me semblent prématurées et pour rendre leur véritable signification à certaines expériences d'après lesquelles, en modifiant la pression du sang par l'action de certains nerfs, on croyait avoir agi sur le cœur.

Mais, direz-vous sans doute, ces notions, si importantes qu'elles soient, ne sortiront pas du domaine de l'expérimentation physiologique; elles exigent des vivisections; il faut même disposer d'animaux de grande taille pour introduire dans leurs artères des instruments assez volumineux. Comment faire profiter de ces précieux renseignements la physiologie de l'homme, celle qui éclaire le médecin sur les troubles que la circulation éprouve dans les différentes maladies?

C'est ici que se montre dans toute sa grandeur la découverte de Cl. Bernard relative à l'action des nerfs sur les vaisseaux. Comme il arrive presque toujours, l'auteur n'a pas vu toute la portée du fait qu'il avait trouvé et dont la médecine de l'avenir est appelée à recueillir les fruits.

Vous savez déjà que suivant que les petits vaisseaux se resserrent ou se relâchent sous des influences nerveuses, le sang passe avec peine des artères aux veines ou s'écoule aisément à travers les vaisseaux. Ces variations de l'obstacle à l'écoulement du sang produisent des changements dans la pression artérielle; ces changements nous savons les mesurer, les inscrire. Mais la variation de calibre des vaisseaux capillaires règle également la vitesse du passage du sang et nous avons vu tout à l'heure que si une partie s'échauffe, c'est que le sang la traverse avec facilité et vitesse, que si elle se refroidit cela exprime la lenteur du cours du sang à son intérieur. Ces changements de température suivant la vitesse de la circulation ne se produisent, il est vrai, que dans les parties superficielles du corps, mais c'est celles-là principalement qui sont accessibles à nos explorations. Un thermomètre sensible appliqué sur un de ces points nous dira, s'il s'élève, que le sang circule plus vite; s'il s'abaisse, que le sang circule plus lentement. Et lorsqu'on emploiera plusieurs thermomètres appliqués en différents lieux à la fois et qu'on verra leurs indications varier en sens divers, qu'on assistera à la distribution inégale de la chaleur dans les différents points de l'organisme, on saura que derrière ces manifestations thermométriques il y a la cause qui les produit: c'est-à-dire l'inégale vitesse du courant sanguin à travers les différents organes. Ainsi se trouveront réduites à leur véritable nature ces forces que les anciens avaient imaginées pour gouverner le cours du sang, forces qui tiennent encore trop de place aujourd'hui dans les doctrines médicales.

Vous m'excuserez, messieurs, d'avoir si longtemps

retenu votre attention sur un sujet assez aride. La physiologie n'est pas de ces sciences aimables qui savent charmer le public, mais il m'a semblé que tout austère qu'elle fût, la grandeur de son but, l'importance de ses applications, la rendraient digne de votre intérêt.

E. J. MAREY,

De l'Institut, professeur au Collège de France.

RÉUNION

DES

SOCIÉTÉS SAVANTES DES DÉPARTEMENTS

A LA SORBONNE

Avril 1879. — (Voy. p. 346, 363 et 379.)

SCIENCES PHYSIQUES.

La lumière Drummond au théâtre. — La lumière électrique exige de grands frais d'installation et un assez grand emplacement. Pour ces deux raisons, il est impossible de s'en servir dans les petits théâtres.

M. Terquem, professeur à la Faculté des sciences de Lille, chargé d'installer la lumière Drummond au théâtre de cette ville, a imaginé une disposition de robinets qui permet au machiniste le moins expérimenté d'allumer tout d'un coup, et en lui donnant le maximum d'intensité, la lumière Drummond.

Deux tubes parallèles, A et B (fig. 1), portent en O et H deux robinets horizontaux réunis par une tige OH et mis en mouvement par le levier L. Les deux robinets sont percés perpendiculairement à leur axe. De plus, le robinet H porte un sillon de manière à laisser toujours passer une petite quantité de gaz. La figure 2 représente la coupe longitudinale du tube B par un plan perpendiculaire au robinet et passant par son sillon; le robinet est ouvert dans la première position, fermé dans la seconde. Les tubes A et B sont sur le trajet de l'oxygène et de l'hydrogène.

Avant la représentation, on ouvre le double robinet et on règle le débit des gazomètres de manière à avoir l'intensité maximum. Puis on ferme ce robinet: il reste une veilleuse et il suffira de tourner le robinet pour rallumer la lampe Drummond avec son intensité primitive.

M. Terquem fait construire l'appareil Drummond avec trois ajutages, et, pour ne pas perdre de lumière, la source est placée entre un miroir et son foyer.

Cet appareil sera très utile pour éclairer de loin dans les cours de physique.

Tensions artificielles des liquides. — M. Terquem a continué les études sur les expériences de Plateau, qu'il a présentées à la réunion de 1878. Il remplace, comme on sait, le liquide glycérique de Plateau par une eau de savon à laquelle on ajoute du sucre au moment de s'en servir.

Deux tiges rigides sont réunies par deux fils flexibles de même longueur; on tient l'une d'elles à la main et l'on fait supporter à l'autre un poids tenseur (fig. 3). On trempe l'appareil dans l'eau de savon, et l'on obtient une lame liquide limitée par les tiges rigides et par les fils qui prennent la forme d'arcs de cercle. Connaissant le rayon de courbure de ces arcs et le poids tenseur, on peut calculer la tension superficielle. M. Terquem a trouvé, pour le liquide, qu'il employait 2 millig., 79.