

Bibliothèque numérique

medic@

Marey, Etienne-Jules. - Les applications de la chronophotographie à la physiologie expérimentale

In : Revue scientifique, 1893, LI, n° 11, p. 321-327



(c) Bibliothèque interuniversitaire de médecine (Paris)
Adresse permanente : <http://www.bium.univ-paris5.fr/histmed/medica/cote?marey059>

REVUE SCIENTIFIQUE

(REVUE ROSE)

DIRECTEUR : M. CHARLES RICHET

NUMÉRO 11

TOME LI

18 MARS 1893

PHYSIOLOGIE

Les applications de la chronophotographie
à la physiologie expérimentale (1).

Nous avons longtemps poursuivi des applications de la méthode graphique à la physiologie expérimentale ; aujourd'hui, tous les physiologistes recourent à cette méthode lorsqu'ils veulent connaître exactement la succession, la durée et les phases des différents mouvements dont l'organisme vivant est le siège. Depuis quelques années, nous nous attachons à développer une méthode nouvelle qui complète avantageusement les indications données par la méthode graphique : c'est de la *chronophotographie* que nous voulons parler.

Cette méthode consiste à prendre une série d'images instantanées successives d'un objet en mouvement, série d'images qui montrent les aspects que l'objet a présentés aux différentes phases de ce mouvement.

L'origine de la chronophotographie remonte aux expériences de Janssen, qui, en 1874, fixa par des photographies successives les positions de la planète Vénus passant devant le disque du soleil. Le célèbre photographe américain Muybridge porta cette méthode à un haut degré de perfection et réussit à saisir les attitudes d'un cheval en mouvement, même aux allures les plus rapides du galop.

(1) La chronophotographie et ses principales applications seront décrites dans un ouvrage actuellement sous presse, *le Mouvement étudié par la photographie*.

30^e ANNÉE. — TOME LI.

Mais pour s'appliquer à la physiologie expérimentale, la méthode nouvelle devait subir une transformation profonde. Elle devait s'affranchir de la nécessité d'employer plusieurs objectifs, et prendre d'un point de vue unique et à toutes distances les images de l'objet en mouvement. Nous avons réalisé ces conditions, et, de plus, la succession des images que donne notre appareil est devenue si rapide, qu'on en peut prendre dix, vingt et jusqu'à soixante par seconde ; enfin, la méthode s'applique également aux grands animaux et aux petits êtres qui s'agissent dans le champ du microscope.

On peut donc pressentir que la chronophotographie trouvera de nombreuses applications à la physiologie animale ou végétale. Elle ne se substituera pas à la méthode graphique, mais la développera et la complétera. En effet, au lieu de se borner à traduire par des courbes les mouvements de points isolés, la chronophotographie analyse des ensembles de mouvements, par exemple ceux des différents groupes musculaires dans la locomotion ; les mouvements des différentes parties du thorax dans la respiration ; les contractions péristaltiques de l'intestin ; les systoles et diastoles des différentes cavités du cœur, etc. En somme, elle aura son application dans tous les cas où ni l'observation, ni l'emploi de la méthode graphique ne renseignent complètement.

Le règne végétal offre aussi beaucoup de mouvements curieux à étudier par la chronophotographie : ce seront, tantôt la brusque rétraction des feuilles et des pétioles de la sensitive qu'on irrite, puis le retour graduel de ces organes à leur position première ; tantôt les progrès de l'accroissement des plantes, du dépli-

11 S.

sement des feuilles, de l'épanouissement des fleurs. Des images successives, prises à plus ou moins longs intervalles de temps, traduiront les phases de ces phénomènes.

Enfin, dans les deux règnes, le microscope révèle, dans la profondeur des tissus vivants, des mouvements d'un haut intérêt, car ils se rattachent aux actes les plus intimes de la vie organique. Ainsi, la circulation des globules du sang dans les vaisseaux capillaires les plus fins; les mouvements des zoospores dans les cellules des algues; les lents changements de forme des microbes; la migration des globules blancs du sang; les phénomènes de la phagocytose, etc. Il sera d'un grand intérêt de fixer les caractères de ces mouvements.

Pour montrer par un exemple particulier les avantages de la chronophotographie appliquée à un problème de physiologie expérimentale, nous choisirons comme exemple les mouvements du cœur. Sur ce sujet qui a déjà donné lieu à tant de travaux, la chronophotographie donnera des renseignements nouveaux d'un ordre tout différent. Rappelons d'abord sommairement l'état actuel de la question.

Analyse des mouvements du cœur par la méthode graphique. — Il y a plus de trente ans qu'avec notre frère et ami Chauveau, nous présentions à l'Académie des Sciences et à l'Académie de Médecine, une théorie des mouvements du cœur basée sur l'emploi de la méthode graphique. Cette théorie, devenue classique aujourd'hui, a mis fin aux divergences d'opinion qui partageaient les physiologistes et les médecins; elle n'a pas été étrangère aux progrès réalisés à notre époque dans le diagnostic des maladies du cœur et des vaisseaux.

Ce qui nous avait décidés à entreprendre nos expériences, c'est l'insuffisance évidente de l'examen direct pour discerner la nature et la succession des actes fort complexes que le cœur exécute à chacune de ses révolutions.

Aussi, les résultats de nos expériences ont-ils été immédiatement admis dans leurs conséquences les plus simples, tandis qu'on a longtemps discuté celles de nos conclusions qui nous avaient coûté le plus de peine à établir et qui, pour nous, montraient l'originalité et la véritable valeur de la méthode employée.

Ainsi, le fait, que la pulsation du cœur coïncide avec le resserrement des ventricules et avec la pénétration du sang dans les artères, Harvey l'avait déjà su voir sur le cœur mis à nu des grands animaux, mais il ne l'avait pas démontré, puisque après lui des médecins et des physiologistes ont cru observer d'autres coïncidences. Nos expériences, en démontrant l'exactitude des observations d'Harvey, ont clos la discussion sur ce point.

Mais bien d'autres faits ressortent des études car-

diographiques. Elles montrent, par exemple, la façon dont chaque cavité du cœur se remplit et se vide, le retentissement des clôtures valvulaires sur la pression du sang dans ces diverses cavités; l'effet des variations de la pression de l'air dans la cage thoracique; celui des obstacles à la circulation générale ou à la circulation pulmonaire. Tout cela, d'après nous, se traduit par les diverses inflexions des courbes cardiographiques des oreillettes et des ventricules, et peut même se lire, en dehors de toute vivisection, sur un tracé de la pulsation du cœur de l'homme.

Sur ces derniers points, nos théories n'ont pas été admises aussi facilement; ce serait même un long travail que d'énumérer les interprétations diverses qui ont été émises relativement aux inflexions des courbes cardiographiques. Un moment, la confusion fut extrême, et l'on pouvait craindre de voir la cardiographie sombrer dans le chaos.

Mais, peu à peu, les expériences de contrôle ont ramené les physiologistes à nos interprétations. Déjà, dans un mémoire qui date de 1890, M. Fredericq (1) les acceptait presque toutes; enfin, tout récemment, la dernière nuance qui le séparait encore de nous vient d'être effacée par M. Laulanié (2).

Malgré la richesse des renseignements donnés par la cardiographie sur la fonction du cœur et sur les variations qu'elle présente dans certains cas, normaux ou pathologiques, cette méthode, *indirecte*, comme nous l'appelions tout à l'heure, ne supplée pas à l'observation directe du cœur en mouvement.

Rappelons (fig. 53) le triple tracé qui exprime les changements de la pression du sang dans une oreillette, dans un ventricule et, en même temps, les phases de la pulsation du cœur.

Si l'on mettait cette figure sous les yeux d'un physicien que nous supposons ignorer la physiologie du cœur, il en tirerait une connaissance exacte des changements de pression que le sang éprouve dans les cavités de cet organe et de la force incessamment variable avec laquelle le ventricule comprime l'appareil explorateur appliqué contre sa surface. Il apprécierait exactement l'ordre dans lequel ces changements se succèdent, mais ne pourrait, d'après ces courbes toutes seules, se faire la moindre idée de l'organe qui les a produites. Il concevrait à sa volonté tel système de pistons, de pompes et de soupapes capable de donner des effets semblables, mais n'arriverait pas à prévoir la forme réelle du cœur, ni les changements d'aspect et de volume que présentent à chaque instant les différentes cavités de cet organe. Bien plus, comme aucun phénomène analogue ne se produit en dehors des êtres

(1) L. Fredericq, *la Pulsion du cœur chez le chien* (Arch. de biologie, t. VIII et t. X).

(2) Laulanié, *Sur les systoles stériles et la nature de la contraction cardiaque* (Comptes rendus de la Soc. de biologie, 8 juin 1892).

vivants, notre physicien aurait sans doute beaucoup de peine à comprendre le mécanisme de la pulsation du ventricule, c'est-à-dire de l'impulsion centrifuge

Pour que le cœur soit visible dans sa totalité, nous l'avons détaché de l'animal et placé dans les conditions de la circulation artificielle (1). Enfin pour faire tenir dans un petit espace tous les détails de cette circulation, le dispositif a été réduit aux pièces représentées fig. 54.

Un entonnoir de verre est introduit par son bec dans une veine cave, très près de l'oreillette gauche, et on l'y fixe par une solide ligature; d'autre part, une canule de verre introduite dans l'aorte se continue par un tube *ta* qui représente une artère, jusqu'à un petit ajutage *e* recourbé qui s'ouvre au-dessus de l'entonnoir. Le tout, établi sur un support solide *S*, se détache en silhouette sur un fond clair.

Du sang de bœuf désébriné est versé dans l'entonnoir qu'il remplit aux trois quarts; au bout de quelques instants, on voit ce sang descendre dans l'oreillette qu'il gonfle, et celle-ci, presque aussitôt, l'envoie dans le ventricule; le ventricule à son tour se resserre et chasse son contenu dans le tube dont l'ajutage le déverse dans l'entonnoir.

Au lieu des mouvements faibles et rares que présentait le cœur quand il était vide de sang, on voit s'établir une circulation énergique, dont la durée varie de six à dix heures et même davantage suivant la saison. Sous l'influence du travail du cœur, le sang

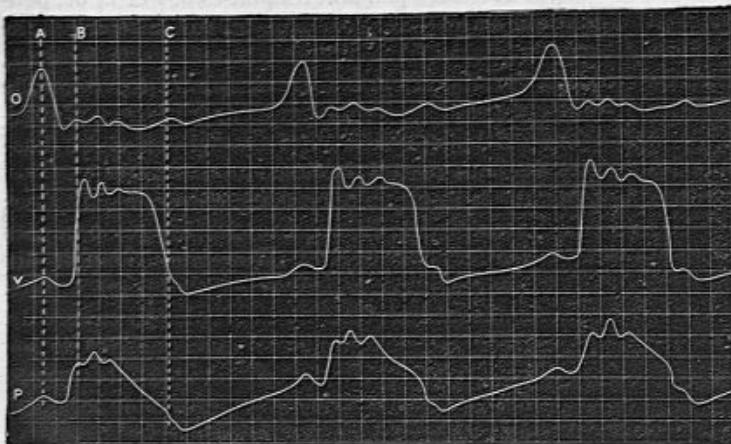


Fig. 53. — Les tracés O V P traduisent respectivement les phases de la pression du sang dans l'oreillette droite, dans le ventricule droit et celle qui se produit au point où le ventricule touche intérieurement la paroi de la poitrine. — Les lignes ponctuées A B C signalent, dans les trois tracés, la systole de l'oreillette, celle du ventricule et la clôture des valvules sigmoïdes.

que donne cet organe à un moment où il diminue de volume.

Le physiologiste lui-même, pour donner aux tracés cardiographiques leur signification véritable, doit avoir acquis par les vivisections certaines notions complémentaires relativement à la forme du cœur et aux mouvements qui constituent sa fonction.

Mais notre œil est bien peu capable de suivre les changements rapides et complexes que présente l'aspect du cœur en mouvement; la forme que prennent ses diverses cavités, suivant qu'elles s'emplissent ou se vident, leurs changements de volume et de position, les instants où se dessinent à la surface du cœur le relief des vaisseaux distendus ou celui des muscles en action, etc.

Aussi, une fois en possession de la chronophotographie, qui traduit avec tant de fidélité les changements de forme et de position des corps en mouvement, avons-nous cherché dans cette méthode un complément indispensable aux notions fournies par la méthodographie.

Les expériences qu'on va lire sont nos premiers essais dans cette voie.

Des phases successives de l'action d'un cœur de tortue soumis à la circulation artificielle. — Comme nous ne disposons pas en ce moment de grands animaux sur lesquels les mouvements du cœur s'accompagnent de changements d'aspects si curieux, nous nous sommes bornés à analyser, par la chronophotographie les mouvements du cœur de la tortue terrestre.

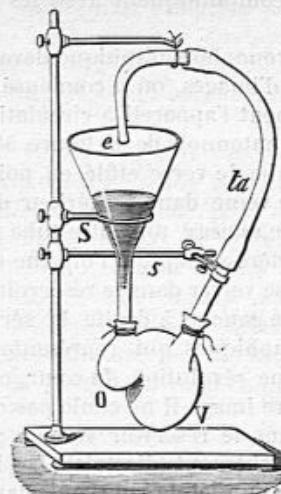


Fig. 54. — Appareil pour pratiquer la circulation artificielle dans un cœur de tortue.

prend rapidement le caractère veineux; aussi est-il bon, pour maintenir l'énergie des mouvements de la

(1) Pour la description de la méthode, voir Marey, *la Circulation du sang à l'état physiologique et dans les maladies*, p. 70, fig. 28; Paris, G. Masson, 1881.

circulation, de renouveler de temps en temps le sang dans l'entonnoir.

Les images qu'on obtiendra ainsi (fig. 55) ne peuvent être que des silhouettes; car la couleur rouge vif du cœur de la tortue, n'étant point photogénique, ne peut donner une image par réflexion avec le modèle indispensable pour faire comprendre les changements de forme que présentent à chaque instant les oreillettes et les ventricules.

Ces silhouettes permettent cependant de suivre les phases de la circulation du sang dans le cœur et dans

de gonflement et de resserrement de l'oreillette et du ventricule.

L'oreillette qui commence à se remplir à la deuxième image se resserre pendant les phases 6, 7 et 1; or, pendant que l'oreillette se resserre, on voit le ventricule se remplir graduellement, de sorte que dans la figure 1, quand l'oreillette est à son resserrement extrême, le ventricule est à son maximum de réplétion. L'alternance est donc parfaite entre les systoles et les diastoles des deux cavités du cœur.

Quant à la durée de ces phases, elle se déduit assez exactement du nombre des images occupées par chacune d'elles: l'appareil donnait dix images par seconde, et puisque sept images suffisent à représenter la révolution entière du cœur, celle-ci ne durait donc que $7/10$ de seconde. De même, on attribuera à la systole des ventricules une durée de $4/10$ de seconde, à sa diastole $3/10$.

Ces mesures ne sauraient prétendre à l'exactitude de celles que donne la méthode graphique, et qui est presque illimitée. En effet, quand on mesure le début et la fin d'un phénomène d'après des images discontinues, il peut y avoir une erreur sur le début et sur la fin de ce phénomène. Ce début et cette fin ont lieu entre deux ouvertures de l'appareil photographique, mais peuvent tomber plus ou moins près de l'une ou de l'autre. Ces premières notions sur les changements de forme des cavités du cœur vont être complétées par l'expérience suivante.

Fig. 55. — Sept images successives d'un cœur de tortue avec circulation artificielle. La succession des images se lit de gauche à droite; leur fréquence est de 10 par seconde. Dans toutes ces images, l'oreillette est à gauche et le ventricule à droite. De la 2^e à la 5^e image, la systole ventriculaire se reconnaît au jet de sang qui coule dans le réservoir veineux.

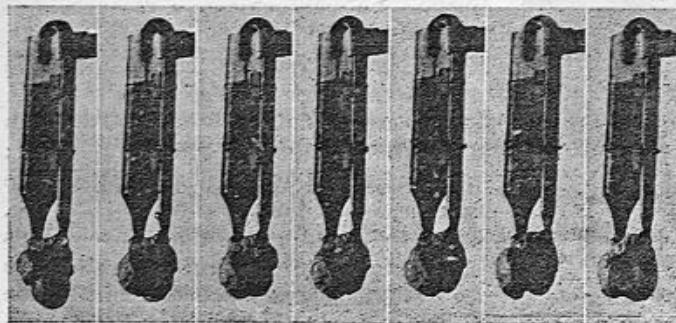
les tubes qui communiquent avec les cavités de cet organe.

La figure chronophotographique devant contenir un grand nombre d'images, on a condensé davantage les pièces qui forment l'appareil à circulation artificielle. Ainsi, le large entonnoir de la figure 54 est remplacé par un gros tube de verre effilé en pointe pour s'engager par une veine dans l'intérieur de l'oreillette: c'est le *réservoir veineux*, un autre tube plus mince représentant l'artère s'adapte à l'origine de l'aorte et se recourbe pour se verser dans le réservoir veineux.

En suivant de gauche à droite la série des images chronophotographiques qui représentent les phases successives d'une révolution du cœur, on voit d'abord qu'à la première image il ne coule pas de sang par le tube artériel dans le réservoir veineux; le ventricule est donc en relâchement (diastole). Les images 2, 3, 4 et 5 montrent qu'un jet de sang coule dans le réservoir veineux, le ventricule est donc en resserrement (systole). Enfin les images 6 et 7, où le jet de sang ne se voit plus, expriment une nouvelle diastole, et le phénomène recommencera en suivant les phases que nous avons énumérées. La série des images pourrait donc être refermée sur elle-même, le n° 1 suivant immédiatement le n° 7.

Quant au cœur lui-même, on n'en voit guère que les contours; ceux-ci accusent toutefois des alternatives

de



Des changements de forme et de capacité des oreillettes et des ventricules pendant une révolution du cœur. — Un artifice très simple permet de rendre photogénique la surface du cœur: il suffit de la peindre avec une couche de gouache un peu épaisse. Le cœur devient ainsi un organe parfaitement blanc sur lequel les jeux de lumière et d'ombre permettent de saisir les changements de forme et de capacité des différentes cavités. La figure 56 est ainsi obtenue (1).

En suivant de haut en bas la série des images, on assiste aux phénomènes suivants :

I. — Le ventricule V a fini sa systole et est à son minimum de volume, l'oreillette O est remplie arrondie et luisante.

II. — L'oreillette commence à se vider et change de forme: elle est aplatie à sa surface extérieure et présente deux bords mous et une pointe arrondie, ce

(1) Chaque image du cliché original représentait en même temps le cœur et le petit appareil circulatoire. Mais, pour montrer dans la justification d'une page les aspects successifs du cœur sous les dimensions les moins réduites possible, on a dû éliminer de la figure tout ce qui n'était pas le cœur lui-même. Toutefois, les images complètes ont servi à l'interprétation qui va être donnée de chacun des aspects du cœur.

qui lui donne à peu près la forme d'une langue. Le ventricule commence à augmenter de volume.

III. — L'oreillette a diminué de volume et sa pointe se rapproche du ventricule qui grossit encore.

IV. — L'oreillette continue à se resserrer et le ventricule arrive à son maximum de réplétion.

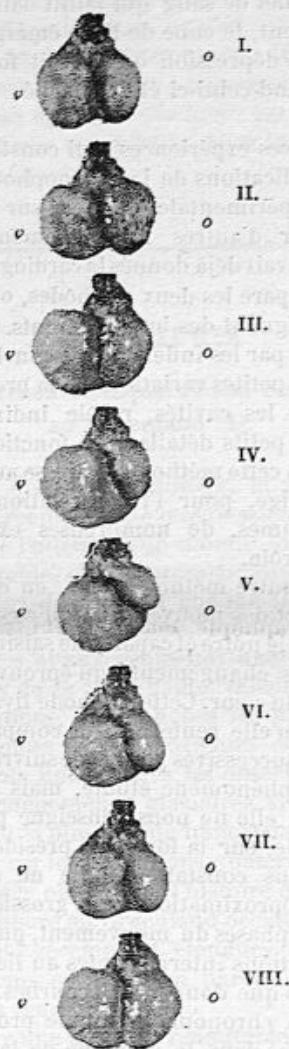


Fig. 56. — Changements de forme des cavités du cœur pendant une révolution de cet organe.

V. — L'oreillette achève de se vider et le ventricule commence à diminuer de volume; sa systole commence (à cet instant le sang jaillissait dans le réservoir).

VI. — La systole du ventricule continue et l'oreillette relâchée commence à se remplir.

VII. — La systole du ventricule finit; l'oreillette est distendue et luisante. Nous sommes revenus à la phase représentée par l'image I.

VIII. — Reproduit sensiblement le même état que la II^e image.

Dans cette expérience, comme dans la précédente, la fréquence des battements du cœur était extrême; 42 par seconde, ce qui est exceptionnel pour la tortue. Cette accélération était due à la température extérieure élevée : 32° C.

Pour mieux suivre les phases des mouvements du cœur, il faudrait opérer à une température plus basse et augmenter le nombre des images; cela permettrait d'avoir de 40 à 60 aspects différents de l'organe pendant un seul de ses battements.

Tels qu'ils sont, toutefois, ces chronophotogrammes font voir des phénomènes que l'œil n'a pas le temps d'observer : ils montrent que les cavités du cœur ont chacune sa forme propre et que, surtout lorsqu'elles se resserrent, elle n'offrent pas cet aspect globuleux que présenterait une poche élastique homogène. Ces formes particulières sont vraisemblablement commandées par l'inextensibilité de la poche péricardique dans laquelle oreillettes et ventricules sont, à l'état normal, contenus et comprimés : il en résulte que ces parties doivent présenter une surface extérieure convexe moulée sur la concavité du péricarde qui les enveloppe, tandis que par leurs autres faces elles s'aplatisent les unes contre les autres, ce qui donne naissance à des facettes et à des bords plus ou moins saillants.

Ces facettes ne sont pas toujours également visibles : sur le ventricule, par exemple, on en voit une très distinctement dans les images IV et V, au moment où elle est démasquée par le resserrement progressif de l'oreillette. Ces empreintes s'effacent peu à peu pendant la systole : les ventricules prennent alors une forme sphéroïdale, montrant que tous les points de leur paroi contribuent également à comprimer le sang qu'ils renferment.

Un autre fait visible sur nos images, c'est que la diastole des ventricules coïncide parfaitement avec la systole de l'oreillette. On assiste, pour ainsi dire, à la réplétion des ventricules par la systole auriculaire. (Nous recommandons l'examen de ces figures à ceux qui admettent encore une *diastole active*, une sorte d'aspiration du sang par les ventricules : phénomène étrange que la structure du cœur ne saurait expliquer et que l'action de l'oreillette rend complètement inutile).

Mécanisme de la pulsation du cœur démontré par la chronophotographie. — Nous avons, autrefois, expliqué ce phénomène par le durcissement subit des ventricules qui, de mous et dépressibles qu'ils étaient pendant qu'ils se remplissaient passivement, deviennent globuleux et durs au moment où ils se resserrent avec énergie; à cet instant ils repoussent ce qui tout à l'heure, pouvait les déprimer. Cette théorie seule rend compte de tous les phénomènes que l'observation démontre : elle explique pourquoi la pulsation du cœur se perçoit

sur tous les points de la surface ventriculaire; elle rend intelligible ce fait, en apparence paradoxal, que le cœur presse contre les parois de la poitrine, non pas quand il augmente, mais quand il diminue de volume. Ce n'est pas, en effet, par son changement de volume, mais par son changement de dureté que le cœur repousse tout ce qui tend à comprimer sa surface.

Le maximum de dureté correspond, avons-nous dit, à la systole des ventricules, c'est-à-dire au moment où ses fibres puissantes compriment le sang pour le projeter dans les artères. Tel est le mécanisme qui produit la poussée violente que le doigt perçoit comme un choc, et que nous appelons *pulsion*, pour rappeler que le phénomène est de même nature que la pulsation.

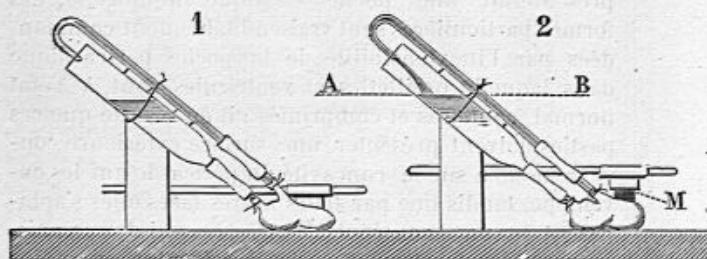


Fig. 57. — Dispositif pour montrer la nature de la pulsation cardiaque.

des artères : c'est-à-dire qu'il consiste un durcissement, une moindre dépressibilité de l'organe par le doigt qui le comprime.

Cette théorie devient plus clairement intelligible pour celui qui tient sous sa main les ventricules d'un grand animal, qui les déprime sous ses doigts et sent que son effort est repoussé au moment où la surface du cœur se ride, accusant ainsi le raccourcissement systolique de ses fibres musculaires.

Nous avons essayé de rendre ce phénomène visible dans l'expérience qui va suivre, et nous avons recouru à la disposition que voici :

On conserve, pour la circulation artificielle, les pièces représentées dans la figure 54, mais on les incline obliquement en les fixant avec de la cire à modeler sur un bouchon coupé en biseau. Le cœur (fig. 57) est alors couché sur une tablette horizontale et y repose par l'une de ses faces, tandis que l'autre se présente, entièrement libre, pour qu'on y explore la pulsation. Pour rendre celle-ci visible, il faut montrer qu'un corps solide qui appuie sur les ventricules avec une certaine force en déprime les parois pendant leur relâchement et disparaît tout entier dans la fossette qu'il y creuse; mais que, par l'effet de leur systole, les ventricules repoussent ce corps et effacent la dépression qu'il avait formée dans leur paroi.

À cet effet, un petit cube de liège (fig. 57) est placé sur la face du ventricule, tandis qu'un levier portant un disque pesant repose sur le cube de liège. Sous cette

pression extérieure, la paroi ventriculaire est déprimée, le liège disparaît dans cette dépression comme le montre l'image 1. C'est qu'à ce moment les ventricules sont en diastole, comme on peut le reconnaître d'après l'absence de jet de sang artériel.

Dans l'image 2, le ventricule est en systole; cela se reconnaît au filet de sang qui jaillit dans le réservoir. Or, à ce moment, le cube de liège émerge tout entier, repoussé de la dépression qu'il avait formée dans le ventricule quand celui-ci était relâché.

En résumé, ces expériences, qui constituent une des premières applications de la chronophotographie à la physiologie expérimentale, donnent sur la fonction du cœur d'autres renseignements que ceux qu'avait déjà donnés la cardiographie. Si l'on compare les deux méthodes, on voit qu'elles atteignent des buts différents. L'une, traduisant par les inflexions de courbes variées les plus petites variations de la pression du sang dans les cavités, révèle indirectement les plus petits détails de la fonction cardiaque; mais cette méthode s'adresse aux initiés; elle a exigé, pour l'interprétation des cardiomagrammes, de nombreuses expériences de contrôle.

L'autre méthode n'est, en définitive, que l'examen direct des mouvements du cœur par un œil plus subtil que le nôtre et capable de saisir en un instant l'ensemble des changements qu'éprouvent les différentes cavités du cœur. Cette méthode livre du premier coup tout ce qu'elle renferme; la comparaison d'une série d'images successives permet de suivre entièrement les phases du phénomène étudié, mais seulement ce qui est visible; elle ne nous renseigne point, comme la cardiographie, sur la force qui préside aux changements que nous constatons; elle ne donne même qu'avec une approximation assez grossière l'ordre de succession des phases du mouvement, puisqu'elle procède par indications intermittentes au lieu des indications continues que donnent les courbes.

Toutefois, la chronophotographie promet d'importantes conquêtes dans le domaine de la physiologie. Les mouvements dont nous venons d'ébaucher l'étude sur le cœur peu volumineux de la tortue terrestre devront être étudiés sur des tortues de grandes dimensions; les images en seront plus nettes et plus instructives. Mieux encore, sur le cœur des grands mammifères, en procédant, suivant la manière classique, par l'ouverture du thorax et la respiration artificielle; puis en blanchissant le cœur, ainsi qu'on l'a vu plus haut, et en concentrant sur cet organe un puissant éclairage. On aura ainsi des photogrammes qui contiendront beaucoup de détails qui manquent sur le cœur des petits animaux : tels que le relief des artères et des veines, celui des faisceaux musculaires; les plissements

de la séreuse viscérale; les déplacements de l'organe dans la cavité péricardique, etc.

On pourra même apprécier avec une exactitude extrême les effets des excitations, électriques ou autres, portées aux différents points de la surface du cœur.

Ainsi, l'inscription graphique et la chronophotographie donnent sur la fonction du cœur des renseignements très différents, mais également utiles : telles l'auscultation et la percussion qui, bien différentes également l'une de l'autre, concourent cependant, avec une valeur égale, à renseigner sur les conditions physiques du cœur et sur l'état de sa fonction.

MAREY.

GÉOGRAPHIE

Les récentes explorations danoises au Groenland (1).

Depuis une quinzaine d'années, la marine danoise poursuit au Groenland une œuvre scientifique digne à tous égards de l'attention du monde savant. Avec une ardeur infatigable, elle a entrepris l'exploration de cet immense désert de glace, et chaque été, elle continue méthodiquement cette tâche laborieuse, apportant aux géographes et aux géologues une ample moisson de documents de la plus haute valeur. Par ces différentes expéditions, les branches les plus diverses de nos connaissances ont été enrichies de très précieux renseignements. Entre toutes, les observations recueillies sur les phénomènes glaciaires, si grandioses au Groenland, ont la plus grande importance. En jetant un jour nouveau sur les formations quaternaires, elles ont éclairé une page obscure de l'histoire du globe.

Limitées d'abord au Groenland occidental, ces explorations ont été récemment étendues à la côte est et inaugurées dans cette région par un voyage remarquable à tous égards.

Bloquée par une des plus redoutables banquises des mers polaires, la côte orientale du Groenland était restée presque complètement fermée aux investigations des voyageurs. A part quelques bandes de littoral relevées par Scoresby, Sabine, Graah et la deuxième expédition polaire allemande, cette vaste région était demeurée inconnue. Dans ces conditions, la *Commission danoise des recherches au Groenland*, jalouse de ne pas laisser à des étrangers l'honneur d'explorer cette terre

vierge, dépendance du Danemark, décida, en 1883, l'envoi d'une expédition à la côte est et en confia la direction au lieutenant de vaisseau Holm. Préparé par plusieurs voyages antérieurs au rude métier d'explorateur au Groenland, M. Holm unissait à une mâle énergie toute la compétence nécessaire au succès d'une telle entreprise. Un jeune camarade, le lieutenant Th.-V. Garde, lui fut adjoint comme second, et à ces officiers deux naturalistes, MM. Eberlin et Knutsen, vinrent apporter le concours de leur dévouement et de leur savoir.

I.

Le voyage des lieutenants Holm et Garde, dont on ne peut séparer les noms, a été long, pénible, fécond en résultats. Il a duré pas moins de vingt-neuf mois (de mai 1883 à octobre 1885), répartis en trois campagnes et deux hivernages. C'est que la saison des explorations est particulièrement courte au Groenland, trois mois au plus et encore, durant le court été, les mauvais temps ne sont que trop fréquents. Avec les premiers jours de septembre arrive l'hiver, et souvent au commencement d'août les gelées sont assez fortes pour former de la *jeune glace* et réunir en une masse compacte les vieux glaçons épars. Pendant vingt-neuf mois, les vaillants explorateurs ont supporté les plus rudes privations. Dans ce pays où l'hiver est pour ainsi dire continu, ils n'ont eu d'autres gîtes que la tente ou de misérables cabanes, et ces hommes habitués à la vie civilisée ont dû vivre, comme les Eskimos, de viande de phoque. Ne les plaignons cependant pas trop. Tout est affaire d'habitude, et, de l'avis de nos voyageurs, le phoque n'a pas un goût désagréable ; il constitue un régime très sain, et grâce à cette alimentation, les membres de l'expédition n'ont point eu à souffrir du scorbut.

Ce long voyage, les explorateurs danois l'ont effectué non point à bord d'un bon et solide navire, mais sur des embarcations groenlandaises appelées *oumiaks*. Formés de peaux de phoque transparentes tendues sur un châssis en bois, ces canots sont des espèces de tambours flottants. Au moindre choc contre un rocher ou un bloc de glace, la coque se déchire et l'esquif coule. Rencontre-t-on un vent frais ou une mer debout, il devient aussitôt nécessaire de chercher un refuge à terre. D'autre part, impossible de vivre à bord de ces canots ; chaque soir les voyageurs doivent bivouaquer sur la côte et perdre de longues heures à faire manger et reposer leur personnel. Jugez par suite de la lenteur de la marche. L'*oumiak* présente en revanche les qualités de ses défauts ; sa légèreté permet de le porter à travers des champs de glace, et les avaries, lorsqu'il s'en produit, sont faciles à réparer. Avec un morceau de lard, on aveugle immédiatement une voie d'eau, et en un quart d'heure, avec un lambeau de peau,

(1) *Meddelelser om Grønland*, vol. IX et X, Copenhague. *Den Østgrønlandske Expedition... under Ledelse af G. Holm, et Holm et Garde, Den Danske Konebaads Expeditionen til Grönlands Østkyst*. Copenhague.