

Recherches sur la Circulation et la Respiration.

La pulsation du cœur chez le chien (*suite*),

PAR

LÉON FREDERICQ.

CHAPITRE V.

LA COMPARAISON DU TRACÉ DU CHOC DU CŒUR AVEC CELUI DE LA PRESSION INTRA-VENTRICULAIRE (1).

§ I. — *Pression intra-ventriculaire.*

J'ai montré, dans la première partie de mon mémoire sur la pulsation du cœur, que le tracé de pression, enregistré dans le ventricule droit (ou gauche) du chien, rappelait les tracés de pression recueillis en 1863 par Chauveau et Marey, chez le cheval. Je reproduis ici un des tracés de ce mémoire. (Fig. 1.)

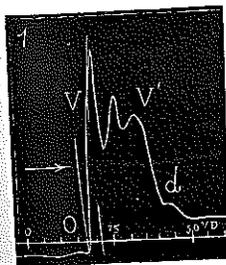


FIG. 1. Tracé de la systole du ventricule droit (chien) inscrit au moyen de la sonde cardiographique, introduite par la veine jugulaire.

O, systole de l'oreillette; O V V', systole du ventricule; V'd, relâchement du ventricule; d, ondulation finale.

(1) Voir : LÉON FREDERICQ. *La pulsation du cœur chez le chien*. Arch. Biologie. vol. VIII et X, et Travaux du laboratoire, II, 1887-88, p. 37, et III, 1889-90, p. 85.

“ On y voit l'ondulation O, due à la contraction des oreillettes, puis l'ascension brusque OV de la courbe, correspondant au début de la systole ventriculaire, le plateau systolique VV, avec ses (trois) ondulations et enfin l'ondulation finale *d*, située au bas de la partie descendante de la courbe „

Je rappellerai que l'interprétation que j'ai donnée de ce graphique est pour ainsi dire calquée sur celle que Chauveau et Marey avaient adoptée pour le tracé ventriculaire du cheval. Elle s'en sépare sur deux points accessoires. Les trois ondulations du plateau systolique qui se voient entre V et V', et qui se retrouvent sur les tracés aortiques, ne sont pas dues, pour moi, à des ondes qui naissent dans l'aorte et qui rétrogradent vers le ventricule, comme l'admet Marey, mais ont leur origine dans le ventricule même, et dépendent de la forme de la contraction du muscle cardiaque. Cette contraction musculaire est pour moi, non une secousse simple, mais un tétanos, correspondant à trois excitations au moins du muscle cardiaque. Cette opinion est d'ailleurs celle de M. Chauveau.

Le second point au sujet duquel je me suis permis de me séparer de l'interprétation des illustres initiateurs de la méthode cardiographique, concerne l'ondulation finale (*d* fig. 1, marquée *f* sur les autres figures), que Chauveau et Marey attribuent à la fermeture des valvules sigmoïdes. L'inscription simultanée des variations de pression dans l'aorte et dans le ventricule gauche, avec des instruments comparables au point de vue du temps perdu, m'a montré que l'ondulation dicrote du tracé aortique précède d'un temps appréciable (deux ou plus de centièmes de seconde) le début de l'ondulation *d* du tracé ventriculaire, et ne peut donc être attribuée à la même cause.

Le moment de la clôture des sigmoïdes, ainsi que celui de leur ouverture) peut être déterminé d'une autre façon, au moyen d'une expérience qui avait déjà été exécutée chez le cheval par Chauveau et Marey, mais dans un autre but. Cette expérience consiste à introduire dans le ventricule gauche (par la carotide et la crosse de l'aorte) un explorateur de la pression, à recueillir un certain nombre de courbes de

pression ventriculaire, puis à retirer légèrement l'explorateur, de manière à l'amener hors du ventricule, à l'entrée de l'aorte, et à inscrire ainsi les pulsations de l'aorte immédiatement après celles du ventricule. On peut ensuite, sans arrêter l'inscription, réintroduire la sonde exploratrice dans le ventricule et recueillir des graphiques de pression aortique.

Les fig. 3 et 4 montrent des exemples de graphiques recueillis de cette façon. Les courbes ayant été recueillies à court intervalle avec le même instrument, permettent d'établir la comparaison de la pression aortique avec celle du ventricule; de déterminer d'une part, au début de la systole ventriculaire, le moment où la pression ventriculaire atteint, puis dépasse la pression aortique (ouverture des sigmoïdes), et d'autre part, à la fin de la systole, de marquer l'instant précis où la pression ventriculaire descend en dessous de celle de l'aorte, et où par conséquent les valvules sigmoïdes se ferment.

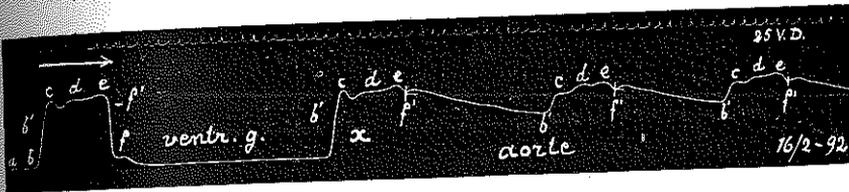


Fig. 2. Courbe de pression intra-ventriculaire inscrite au moyen du manomètre de Hürthle. Au point *x*, le manomètre est retiré jusque dans l'aorte. *f'*, clôture des sigmoïdes aortiques. *b'*, ouverture des sigmoïdes. *c d e*, plateau systolique. *f'*, ondulation finale (flot de l'oreillette). Chronographe inscrivant 25 v. d. à la seconde. Photographie sur zinc.

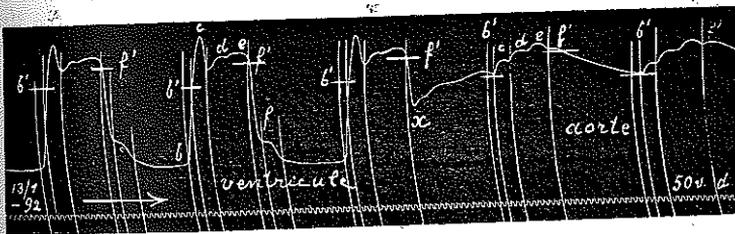


Fig. 3. Même explication que pour la fig. 2. Chronographe inscrivant 50 v. d. à la seconde. Photographie sur zinc.

Ouverture des valvules sigmoïdes. — Pour déterminer sur les graphiques de pression ventriculaire le moment de l'ouverture des valvules sigmoïdes, il suffit de tracer une ligne horizontale à partir du début du tracé d'une pulsation aortique, inscrite immédiatement après. Le point où cette horizontale (parallèle à l'abscisse) coupe la ligne d'ascension du tracé ventriculaire, correspond au moment d'égalité de pression dans l'aorte et dans le ventricule et par conséquent au moment où les valvules sigmoïdes vont s'ouvrir. A partir de ce point, les tracés aortique et ventriculaire sont presque superposables.

C'est vers le milieu de la ligne d'ascension, souvent plus haut, parfois plus bas, que se produit l'ouverture des valvules sigmoïdes. Cette ouverture se fait d'autant plus promptement que la pression est plus basse dans l'aorte ; elle est d'autant plus tardive que la pression aortique est plus forte.

Fermeture des valvules sigmoïdes. — Pour déterminer le moment de la fermeture des sigmoïdes, il suffit pareillement de tracer une ligne horizontale à partir du point où le tracé de la pulsation artérielle cesse d'être superposable au tracé ventriculaire, c'est-à-dire à partir du début de l'ondulation dicrote. Le point où cette horizontale rencontre la portion descendante du graphique ventriculaire, marque le moment d'égalité de pression ventriculaire et aortique, c'est-à-dire le moment où les valvules sigmoïdes vont se fermer. En opérant de cette façon, on reconnaît que le moment de fermeture des sigmoïdes correspond ordinairement au tiers supérieur de la ligne de descente.

Les résultats fournis par cette méthode concordent donc pleinement avec ceux que m'ont fournis les autres procédés de recherche.

La figure schématique suivante (fig. 4) résume les conclusions auxquelles m'ont conduit l'étude des variations de la pression du contenu ventriculaire au cours de la systole.

Roy et Adami (*Heart-beat and pulse-wave*, Sect. IV. The Practitioner, 1890, p. 244), Hürthle (*Archiv f. die ges. Physiologie*, XLIX, p. 29, 1891), Contejean (*Archives de physiol. norm. et pathol.*, 1894), Bayliss et Starling (*Intern. Monats.*

f. *Anat. u. Physiol.*, 1894), ont publié des tracés de pression intra-ventriculaire du chien très analogues aux miens, quoique recueillis par des procédés d'inscription en partie au moins très différents.

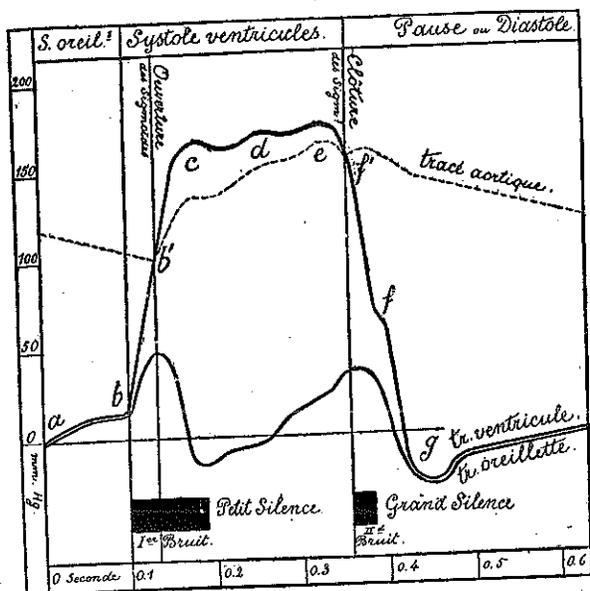
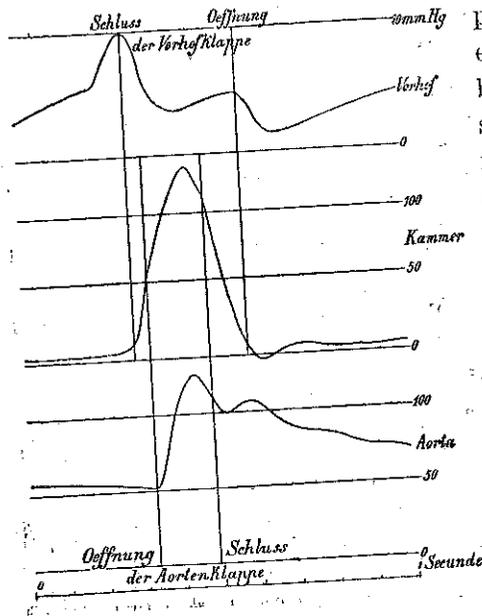


Fig. 4. Tracés de pression recueillis simultanément dans le ventricule gauche, dans l'aorte et dans l'oreillette chez le chien. (Schéma extrait de mes *Eléments de physiologie*, 3^e édition, 1893.)

Par contre Krehl et v. Frey (*Untersuchungen über den Puls*, et *Archiv f. Physiologie*, 1890, p. 30), enregistrant les variations systoliques de la pression chez le chien, au moyen d'un manomètre spécial construit sur les indications de v. Frey, ont obtenu des tracés de systole ventriculaire ne présentant pas le plateau systolique (voir fig. 5). La courbe de pression intraventriculaire rappelle sur leurs tracés la courbe myographique de la secousse simple : elle se compose d'une portion ascendante à laquelle fait immédiatement suite la portion descendante. v. Frey (*Archiv f. Physiologie*, 1893) admet que le plateau qui se voit sur les tracés de systole publiés par Marey, Chauveau, Fick, Fredericq,

Rolleston, Hürthle, etc. est un produit artificiel, dû à différents vices d'expérimentation, dont le plus fréquent serait la position défectueuse du tube explorateur à l'intérieur du ventricule. Le plateau systolique ne s'obtiendrait que lorsque le tube explorateur est poussé trop profondément à l'intérieur du ventricule, dans la direction de la pointe du cœur. L'orifice cardiaque du tube se trouverait dans ce cas, dit Frey, bouché par l'accolement des parois ventriculaires pendant une partie de la contraction de leurs muscles. La courbe normale serait ainsi tronquée à un niveau d'autant plus bas, et présenterait un plateau systolique d'autant plus large, que le tube a été poussé plus avant dans le ventricule, et que son orifice se trouve bouché plus tôt lors de chaque systole. La seule façon d'obtenir un tracé correct, consisterait à maintenir l'orifice du tube explorateur le plus loin possible de la pointe du cœur, dans le voisinage des valvules; car, pendant la systole ventriculaire, dit v. Frey, la cavité du ventricule se rétrécit et s'efface de la pointe à la base.



J'ai répété les expériences de v. Frey, et je ne me suis pas borné à enfoncer la sonde cardiaque à différentes profondeurs dans les ventricules, mais j'ai tenu aussi à varier les modes d'en-

FIG. 5. Tracés de pression de l'oreillette (Vorhof), du ventricule (Kammer), et de l'aorte (Aorta), correspondant à une pulsation cardiaque.

Ouverture (Offnung) fermée (Schluss) des valvules aortiques et auriculo-ventriculaires (d'après v. Frey : *Die Untersuchung des Pulses*, 1892. Fig. 28, p. 88).

enregistrement. J'ai pu me convaincre que la forme du tracé de pression ventriculaire dépend bien plus de l'espèce de manomètre que j'employais, que de la position que je donnais à la sonde.

Je glisse, par exemple, par la jugulaire droite d'un grand chien narcotisé, une large sonde en métal, présentant latéralement, près de son extrémité obtuse, trois fenêtres longues chacune de 15 millimètres et larges de 4 millimètres. La sonde est remplie au préalable avec la solution saturée de $Mg SO^4$ et est reliée alternativement avec un Tonomètre de v. Frey ou avec un Manomètre de Hürthle. J'enfonce la sonde tantôt jusqu'au fond du ventricule et tantôt je la retire jusque dans le voisinage des valvules auriculo-ventriculaires. En opérant de cette façon, il m'est impossible d'obtenir avec le Tonomètre de v. Frey autre chose que les tracés ventriculaires ayant la forme simple de collines à sommet unique, tandis que le Manomètre de Hürthle me fournit avec la même constance des courbes trapézoïformes. La fig. 6 nous donne un exemple des tracés obtenus à court intervalle au moyen des deux instruments reliés alternativement à la sonde du ventricule droit introduite par la jugulaire droite.

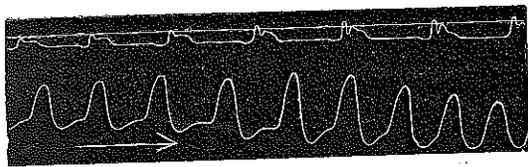


FIG. 6. Courbe de pression du ventricule droit recueillie, chez le chien, au moyen d'une sonde jugulaire poitrine non ouverte) reliée au Manomètre de Hürthle (ligne supérieure) ou au Tonomètre de v. Frey (ligne inférieure). Photographié sur zinc.

J'obtiens de même un plateau systolique bien marqué, si je relie le manomètre de Hürthle ou le Sphygmoscope avec de larges canules que j'introduis à travers les auricules et les oreillettes jusque dans les ventricules et que je fixe au niveau des oreillettes (Chien à poitrine ouverte). Si, dans cette dernière expérience, je retire trop fortement la sonde dans la direction

de l'oreillette, le tracé ventriculaire fera place au tracé de pression auriculaire. Ce tracé montre au début de la systole ventriculaire une élévation aiguë (*bc*, fig. 7) de hauteur variable et qui correspond à la fermeture brusque des valvules auriculo-ventriculaires.

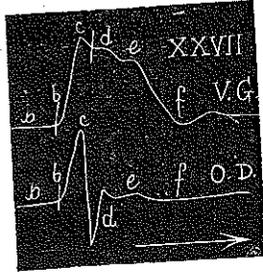


FIG. 7. V. G. Courbe de pression du ventricule gauche (sphygmoscope).

O. D. Courbe de pression de l'oreillette droite (sphygmoscope). Les sphygmoscopes sont fixés au niveau des auricules *bc*, clôtures des valvules auriculo-ventriculaires dans le tracé inférieur.

Chien à poitrine ouverte, délire des oreillettes.

J'obtiens le même résultat si j'introduis une sonde par la carotide et si je la fais pénétrer par l'aorte et les valvules sigmoïdes entr'ouvertes jusque dans le ventricule gauche (sans ouvrir le thorax). Je puis pousser la sonde jusque dans le fond du ventricule gauche ou la retirer peu à peu dans l'aorte sans modifier sensiblement la forme du tracé. Le plateau systolique de l'aorte a ici manifestement même signification que celui du ventricule. (Voir fig. 2 et 3.)

Le plateau à trois ondulations représente dans la courbe de pression aortique la portion systolique du pouls artériel. On reconnaît le plus souvent tout aussi facilement le plateau systolique avec ses trois ondulations dans le tracé de la carotide recueilli au moyen de canules fixées dans le bout central de l'artère. Je le retrouve également dans le tracé sphymographique de la carotide, recueilli au moyen d'un explorateur de Verdin appliqué extérieurement au vaisseau intact, mais lié du côté périphérique. Ici évidemment, il ne peut être question d'obstruction de canule et de tronçature de la courbe de systole.

Tous les manomètres élastiques (Sonde cardiaque droite de l'auteur, Manomètre de Gad, de Hürthle, Sphygmoscope de Chauveau-Marey, à chambre à liquide réduit au minimum) peuvent fournir des tracés de pression ventriculaire ou aortique,

sur lesquels se retrouve le plateau systolique et ses trois ondulations.

Les tracés artériels que ces instruments fournissent sont très semblables à ceux que l'on recueille des mêmes artères au moyen des sphygmographes à transmission. Ces manomètres ont d'ailleurs un temps perdu fort court. Quand on les soumet brusquement à une augmentation ou à une diminution de pression atteignant un ou deux mètres, ils fournissent des indications presque instantanées.

L'ancien sphygmoscope de Marey avec son doigt de gant extensible et le Tonomètre de v. Frey sont au contraire des instruments relativement paresseux, présentant une période latente trop longue et n'obéissant pas instantanément aux variations brusques de pression auxquels on les soumet. Je renvoie à la critique que Hürthle a faite du manomètre de v. Frey et me borne à publier ici les résultats d'un essai comparatif du Tonomètre de v. Frey et de ma Sonde cardiaque droite. Chacun des instruments était brusquement mis en rap-

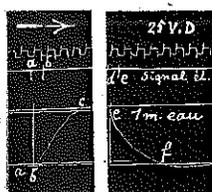


FIG. 8.

Essai du Tonomètre de v. Frey. Variations brusques de pression positive et négative d'un mètre d'eau. a) ouverture du robinet de la bouteille à pression; bc) courbe du Tonomètre; d) ouverture d'un second robinet ramenant la pression au zéro; ef, courbe du Tonomètre; ab, de, temps perdu dans le Tonomètre. Temps en 25^mes de seconde.

L'appareil inscrit donc une colline abc, à sommet unique, au lieu d'un trapèze à plateau.

Photographie sur zinc.

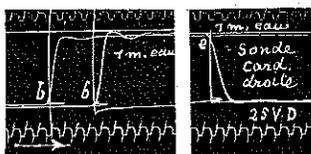


FIG. 9.

Essai de ma sonde cardiaque droite. Variations de pression positive et négative d'un mètre d'eau. Temps en 25^mes de seconde.

Photographie sur zinc.

port avec un réservoir où la pression était d'un mètre d'eau. Le mouvement du robinet servant à établir la communication était enregistré simultanément. Puis, ce robinet étant refermé, un second robinet, placé au delà du premier, permettait d'établir la communication avec l'extérieur, et de faire brusquement tomber à zéro la pression à laquelle était soumise l'appareil. Si les deux expériences se suivent à court intervalle, les changements de pression représenteront à peu près ce qui se passe dans le ventricule droit du chien ou du cheval à chaque systolé ventriculaire. Tandis que la sonde cardiaque inscrira un tracé trapézoïforme, traduisant plus ou moins fidèlement les variations de pression, le Tonomètre de v. Frey, nous fournit un tracé absolument déformé, à une seule colline (fig. 8 et 9).

§ II. — CHOC DU CŒUR.

J'avais retrouvé dans les tracés de choc du cœur recueilli par moi chez le chien (ainsi que dans la plupart des tracés du choc du cœur de l'homme publiés par les auteurs), la même forme de courbe trapézoïde présentant un plateau systolique à trois ondulations et une ondulation finale *d*. Je n'avais pas hésité à identifier avec Chauveau et Marey, la courbe de pression intra-ventriculaire avec la courbe du choc du cœur.

“ Le tracé, recueilli au moyen de la sonde cardiaque droite, disais-je, ou au moyen de sphygmoscopes introduits dans les ventricules, représente la courbe des variations de la pression intra-ventriculaire, indépendamment des variations de volume du cœur, tandis que le tracé cardiographique recueilli à l'extérieur du cœur, par l'application du cardiographe, ou de l'explorateur à coquille, représente la combinaison de la courbe du volume du cœur ou de ses mouvements de locomotion, avec la courbe des variations de consistance ou de pression intérieure de l'organe. „

“ La grande similitude que présentent les tracés recueillis, tantôt à l'intérieur (sonde cardiographique, sphygmoscope), tantôt à l'extérieur du cœur (explorateur à coquille, cardiographe), nous montre le peu d'influence que la courbe de

volume du cœur exerce sur le tracé du cardiographe. Ce tracé est donc, avant tout, la courbe des variations de consistance du cœur, ou, ce qui revient à peu près au même, la courbe de la pression intra-cardiaque „ (La pulsation du cœur chez le chien. Trav. labor. II, 1887-88, p. 78.)

Depuis l'époque où ces lignes ont été publiées, la pulsation du cœur chez le chien ou chez l'homme a fait l'objet d'un nombre assez grand de recherches et l'identification des tracés de choc extérieur et de pression intérieure a été vivement attaquée de différents côtés.

v. Frey, dans son livre sur le pouls, dédié à ses illustres maîtres v. Brücke et C. Ludwig, prend comme base de tout son exposé de la pulsation cardiaque et de la pulsation artérielle, l'idée que la contraction ventriculaire est une secousse simple, et que le tracé de pression intra-ventriculaire est identique au tracé de la secousse musculaire. (Voir fig. 5.)

v. Frey rejette complètement l'identification du tracé du choc du cœur avec celui de la pression intra-ventriculaire. Pour lui, le choc du cœur ne présente pas de relations fixes avec les phases des changements de pression qui se déroulent à chaque pulsation dans le ventricule et dans les artères. Le cardiogramme n'a d'ailleurs pas de forme typique: son tracé varierait suivant l'endroit du cœur où il a été recueilli; et pour un même endroit du cœur, suivant le nombre des pulsations et le degré de réplétion du cœur.

Le cardiogramme, pour v. Frey, est au fond une courbe de secousse musculaire, modifiée par les changements de forme et de situation des différentes parties du cœur. Ce n'est ni une courbe de pression intra-ventriculaire, ni une courbe de volume du ventricule.

De son côté, Martius s'est vivement élevé contre la comparaison faite par Marey et Chauveau, et reprise par moi, de la courbe de pression intra-ventriculaire et du tracé cardiographique. Ces deux courbes n'ont pour lui rien de commun: elles se produisent par un mécanisme entièrement différent, et ne présentent qu'exceptionnellement et accidentellement une

certaine similitude extérieure. Leur comparaison n'a guère de sens et ne peut conduire qu'à des conceptions erronées ⁽¹⁾.

Martius se réclame principalement des recherches de Roy et Adami pour affirmer la différence fondamentale des tracés de pression ventriculaire et des tracés cardiographiques. Analysons brièvement le travail de ces auteurs.

Roy et Adami (*Heart-beat and Pulse-wave. The Practitioner. Feb. to July. 1890*), ont fait chez le chien de nombreuses expériences de cardiographie : inscription du choc du cœur mis à nu, inscription de la pression intra-ventriculaire au moyen d'une canule à piston, inscription myographique de la contraction de la paroi de l'oreillette, de celle des muscles papillaires, de celle des fibres longitudinales ou transversales des ventricules. Ils admettent que les différentes catégories des fibres ventriculaires ne se contractent pas en même temps et expliquent de cette façon les ondulations du plateau systolique de la courbe de pression intra-ventriculaire.

La courbe du choc du cœur diffère pour eux sensiblement de celle des variations de la pression intra-cardiaque, comme le montre leur fig. 17 (reproduite ici à la fig. 10). La ligne d'ascension du cardiogramme est beaucoup plus raide et atteint son sommet plus tôt que ne le fait la courbe de pression. Le plateau systolique du tracé cardiographique est notablement plus long et se termine par une ondulation qui suit la production du second bruit du cœur.

Cette discordance entre les deux tracés s'accroît davantage, si le bouton du cardiographe n'appuie pas suffisamment sur le cœur. Plus la pression qu'exerce l'appareil récepteur est faible, et plus le tracé du choc du cœur se trouve déformé, aplati, et plus le plateau systolique s'allonge. Voir la fig. 13 de Roy et Adami, reproduite ici à la fig. 11.

(1) « Stoss- und Druckcurven haben an sich gar nichts miteinander zu thun. Sie entstehen auf völlig verschiedene Weise und zeigen nur Ausnahmsweise und zufällig eine gewisse äussere Formähnlichkeit. »

« Der Vergleich der menschlichen Stoss- mit der thierischen Druckcurve hat überhaupt wenig Sinn und verleitet nur zu falschen Vorstellungen. »

(*Zeits. f. klin. Med.* XIX, p. 3 du tiré à part.)

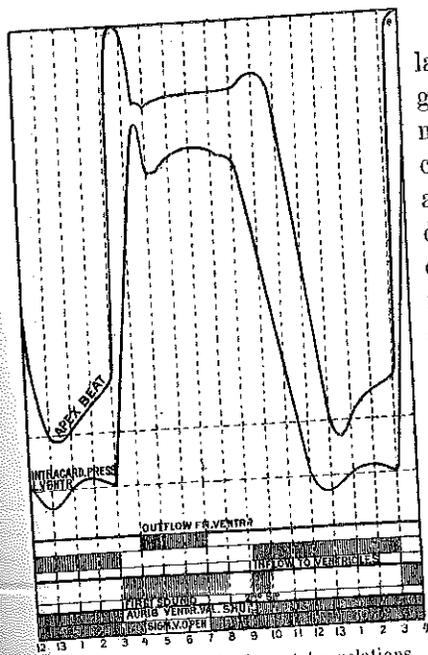


FIG. 10. — Schéma indiquant les relations du tracé ventriculaire et du choc du cœur, d'après Roy et Adami. (Fig. 47, loco citato.)

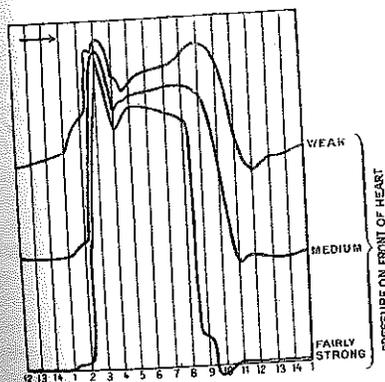


FIG. 11. Diagramme montrant les modifications de la courbe de choc du cœur produites en variant la pression exercée par le bouton du cardiographe sur la paroi ventriculaire. (Fig. 13 de Roy et Adami. Loco citato.)

Roy et Adami arrivent à la conclusion assez décourageante qu'il est difficile et même dans la plupart des cas impossible de mesurer avec exactitude la durée des différentes phases du cycle cardiaque en s'en tenant uniquement aux tracés du choc du cœur (1).

Hürthle a publié de superbes tracés de pression intra-ventriculaire et du choc du cœur (recueillis chez le chien), sur lesquels on constate que les deux courbes montent en même temps, présentent un plateau systolique semblable et redescendent au même moment. " L'effort de pression que la surface du cœur exerce contre la paroi thoracique antérieure et qui produit la portion systolique du cardiogramme parcourt ici les

(1) One thing to be kept in mind, then, with regard to apex-beat tracings is that in them it is difficult, and, indeed, in most cases, impossible to measure with accuracy the duration of the different phases of the cardiac cycle, p. 214. Heart-beat and Pulse-wave. C. S. Roy, et J. G. Adami. Reprinted from the Practitioner. Feb. to July, 1890.

mêmes phases que les variations de la pression à l'intérieur du ventricule, et nous pouvons en tirer la conclusion que les deux courbes ont même cause efficiente, c'est-à-dire la contraction du muscle ventriculaire, et que le cardiogramme peut servir à fixer la durée de la systole du ventricule (1).

Hürthle ajoute que malheureusement il n'en est pas toujours ainsi et que dans beaucoup de cas le cardiogramme présente une forme *atypique*, la ligne d'ascension précédant celle du graphique de pression, et le plateau systolique se prolongeant après la chute de la courbe de pression. Dans les expériences de Hürthle, l'appareil récepteur du choc du cœur était constitué par une tige creuse terminée par une petite ampoule élastique. La tige et l'ampoule étaient introduites à travers la paroi thoracique de manière à venir directement en contact avec le cœur recouvert de son péricarde. Le tracé était inscrit par une espèce de petit tambour à levier.

Dans un travail publié en 1891, J. Berry Hovcraft arrive à la conclusion suivante :

Le cardiogramme a été mal interprété jusqu'à présent, car pendant la diastole, le levier s'élève, pour descendre pendant la systole (conformément à la diminution du diamètre antéro-postérieur du cœur) ; il y a cependant au commencement de la systole une élévation insignifiante due à l'appui du cœur contre la paroi thoracique. Le cardiographe ordinaire a un bouton qui, appliqué dans l'espace intercostal, presse sur le cœur qui est mou pendant la diastole ; pendant la systole, ce bouton est soulevé violemment, produisant une ascension marquée de la courbe qui est due aux conditions artificielles de l'expérience. Si nous enlevons le bouton, nous obtenons un vrai cardiogramme

(1) « Das Andrängen der Herzoberfläche gegen die vorlere Brustwand, durch welches der systolische Theil des Cardiogramms gebildet wird, nimmt also hier denselben Verlauf wie der Drucklauf im Ventrikel und wir dürfen daraus den Schluss ziehen, dass beiden Curven dieselbe Ursache, nämlich die Zusammenziehung des Kammermuskels zu Grunde liegt und das Cardiogramm zur Messung der Systolendauer verwendet werden kann. » (Archiv f. d. ges. Physiologie, 49, p. 93.)

montrant l'ascension du levier pendant la diastole et sa chute pendant la systole (1).

En présence de ces contradictions, il m'a paru intéressant de reprendre sur le cœur du chien la comparaison des tracés de pression intra-ventriculaire et de choc extérieur du cœur, en cherchant à déterminer exactement sur les deux graphiques le début *b* de la contraction ventriculaire, et la fin de cette contraction, c'est-à-dire le début *e* du relâchement.

Ces points *b* et *e*, qu'il est toujours facile de déterminer sur le tracé de pression intra-ventriculaire, vont nous servir de fil d'Ariane pour démêler la signification des formes si variées que présentent, chez le chien, les tracés de choc du cœur recueillis à l'extérieur de la poitrine.

Chez un grand chien, endormi par la morphine, j'introduis par la jugulaire droite ma sonde cardiaque droite et je la pousse jusque dans le ventricule droit; j'obtiens, en la reliant à un tambour à levier, un tracé pareil à celui du ventricule gauche, mais présentant sur ce dernier l'avantage d'une moindre amplitude des excursions du levier inscripteur; la courbe sera, par conséquent, moins déformée par inertie de l'appareil inscripteur.

J'enregistre en même temps le choc du cœur, en appliquant la capsule de l'explorateur à coquille de Marey sur le côté droit

(1) « The cardiogram has been misinterpreted, for during diastole the lever ascends, descending during systole (as the front to back diameter of the heart lessens); at the commencement of the systole is however an insignificant rise, due to the « assertion » of the heart against the chest wall. The ordinary cardiograph has a button, and this presses into the interspace, presses upon the heart in diastole when it is flaccid; during systole this is violently thrown off, giving a marked upstroke which however is due to the unnatural condition of the experiment. Remove this button and we obtain a true cardiogram shewing ascent of the lever during diastole and fall of the lever during systole. »

(p. 473. *The Journal of Physiology*, XII)

Je mentionne pour mémoire les travaux de Einthoven (*Nieuwe Methoden voor klinisch Onderzo.* k. Ned. Tijdschr. voor Geneeskunde, 1893), Hilbert (*Zeits. f. klin. Med.* XIX. Suppl.), Hochhaus (*Archiv f. exp. Pathol. u. Pharmak.* XXXI, p. 405, etc., qui se rapportent au tracé du choc du cœur de l'homme.

dé la poitrine (le chien, attaché sur le dos dans la gouttière d'opération, est fortement penché sur le côté droit).

Du côté gauche, l'ébranlement de la paroi thoracique chez le chien est excessif, la plume de l'appareil inscripteur est projetée avec trop de force et dépasse sa position d'équilibre. Je me suis efforcé au contraire de recueillir des tracés de choc du cœur aussi peu amplifiés que possible, en reliant l'explorateur du choc du cœur à un tambour à levier au minimum de sensibilité. De plus, dans la plupart de mes expériences, le papier de l'appareil enregistreur était fortement enfumé et j'appuyais assez fortement la plume du tambour à levier, contre le papier enfumé, de manière à obtenir un trait blanc bien net sur fond très noir. Mon but était d'obtenir des tracés pouvant être facilement reproduits directement par la photographie sur zinc, sans qu'il fût nécessaire de les retoucher. De cette façon, l'inscription manque, il est vrai, de sensibilité et certains détails des courbes peuvent être plus ou moins étouffés par les frottements.

J'ai réussi sur tous mes chiens, à recueillir à certains endroits de la paroi thoracique *droite*, des tracés trapézoïdaux, presque identiques à ceux de la pression intra-ventriculaire, et sur lesquels le début *b* et la fin *c* de la systole se marquent de la même façon que sur le tracé de pression intra-ventriculaire.

Les plumes des deux enregistreurs (sonde cardiaque droite, explorateur du choc du cœur) montent et descendent en même temps, comme si elles étaient liées l'une à l'autre par un fil invisible. Il est impossible de nier ici pour la production de ces deux courbes une origine commune. Cette origine commune, c'est la contraction des muscles ventriculaires. Les parois du ventricule se durcissent, soulèvent le bouton du cardiographe; en même temps elles pressent par l'intermédiaire du sang sur les fenêtres de la sonde. Les deux mouvements sont fidèlement traduits par les excursions des tambours à levier si l'on a soin, comme je l'ai fait, d'employer des appareils dont les plumes n'inscrivent que des tracés de peu d'amplitude.

La correspondance des deux courbes est parfaite en ce qui concerne le commencement (changement de direction *b*) et la

fin (changement de direction *e*) de la systole ventriculaire.
(Voir fig. 12-17.)

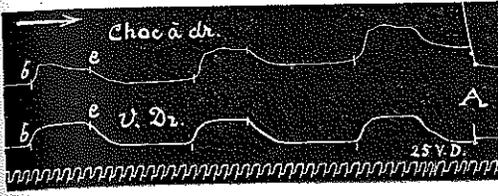


FIG. 12.

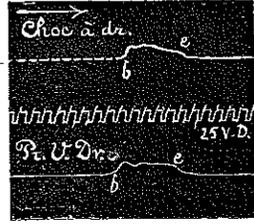


FIG. 13.

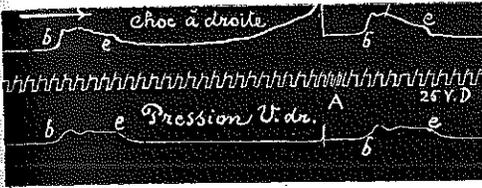


FIG. 14.

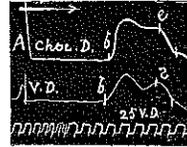


FIG. 15.

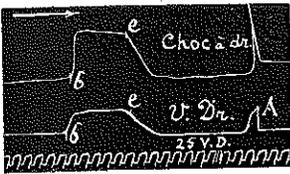


FIG. 16.

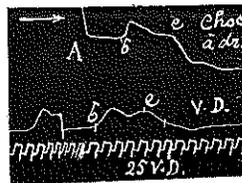


FIG. 17.

FIG. 12 à 17. Graphiques de choc du cœur et de pression intra-ventriculaire (v. droit), recueillis simultanément chez le chien. *b*, début, *e*, fin de la systole ventriculaire. Temps en 25^{es} de seconde. Les tracés ont été recueillis sur papier très en fumé, avec plumes peu effilées et frottant fortement, afin de rendre possible une reproduction photographique directe, sans retouches. Il en est résulté une certaine atténuation des détails les plus fins des courbes. Photographies sur zinc.

Les différences que peuvent présenter les deux tracés dans le reste de leur parcours sont de peu d'importance, et s'expliquent par cette considération que la courbe recueillie par le bouton du cardiographe doit être considérée, avec Chauveau et Marey, comme une courbe de contraction ou d'épaississement du muscle

cardiaque (identique à la courbe de pression intra-ventriculaire), plus ou moins déformée par la courbe des changements de volume du cœur entier ou du ventricule. Le plateau systolique *cde* est, en effet, plus ou moins incliné vers *e*, conformément à la diminution de volume du ventricule; de plus, la ligne d'ascension *bc* peut présenter en *b'* une dépression correspondant à l'ouverture des sigmoïdes artérielles et à la pénétration de l'ondée ventriculaire dans l'artère pulmonaire ou l'aorte. (Voir fig. 18, 19 et 20).

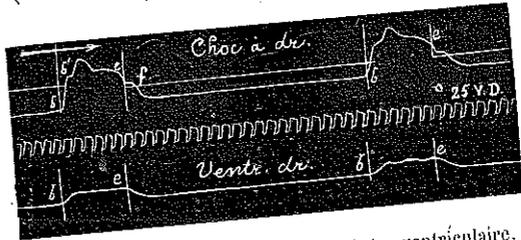


FIG. 18. Tracés de choc du cœur et de pression intra-ventriculaire. *b'*, ouverture des sigmoïdes artérielles et moment de la pénétration du sang dans l'aorte; *b*, début, *b'*, fin de la systole ventriculaire; *f*, ondulation finale. Le temps perdu n'est pas rigoureusement le même dans les deux appareils enregistreurs. Photographies sur zinc.

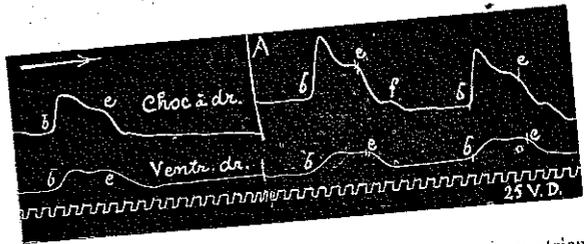
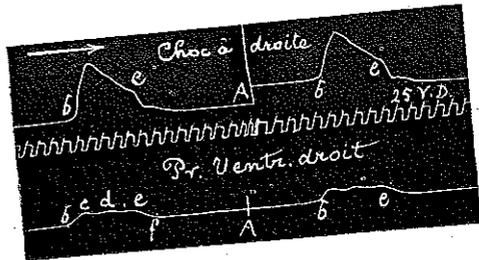


FIG. 19 et 20. Tracés de choc du cœur et de pression intra-ventriculaire. Plateau incliné. Photographies sur zinc.

De plus, l'ondulation finale *f* est souvent beaucoup plus marquée sur ce tracé du choc du cœur que sur celui de la pression intra-ventriculaire (voir fig. 18).

Ce sont là des tracés cardiographiques typiques. Mais il suffit de s'éloigner un peu du point où on les obtient, de manière à ce que le bouton du cardiographe cesse de presser dans la substance du cœur, pour que le tracé soit plus ou moins déformé par la courbe des variations de volume du cœur et prenne une forme atypique.

Le plateau se creusera, l'ondulation *f* augmentera d'importance, se fusionnera plus ou moins avec le plateau et l'allongera d'une façon anormale (voir fig. 21 à 23). Le tracé conservera sa forme trapézoïde, mais il n'y aura plus coïncidence avec le tracé de pression intra-cardiaque. Cette forme atypique du tracé du choc du cœur est, chez le chien, assez fréquente, si l'on applique

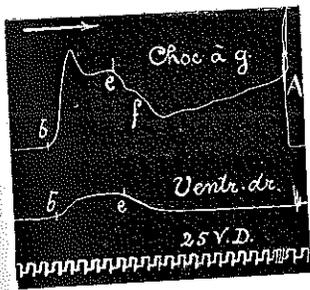


FIG. 21.

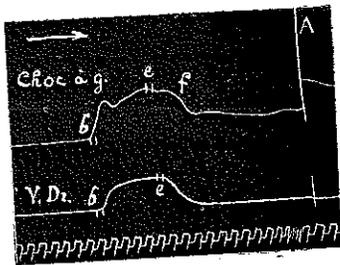


FIG. 22.

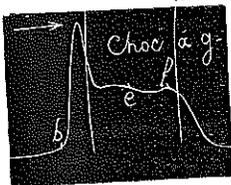


FIG. 23.

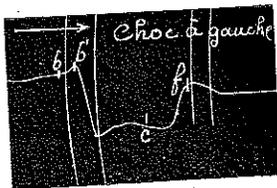


FIG. 24.

FIG. 21 à 24. Cardiogrammes atypiques recueillis à gauche, et tracés de pression du ventricule droit. *b*, début de la systole ventriculaire; *c*, fin de la systole; *f* ondulation finale. *b'*, ouverture des sigmoïdes. Photographies sur zinc.

l'explorateur sur le côté gauche de la poitrine : elle donne jusqu'à un certain point raison à ceux qui affirment que le tracé du choc du cœur est différent de celui de la pression intraventriculaire et ne peut nous renseigner sur les phases de la pulsation ventriculaire.

Si l'on recule davantage la capsule exploratrice du cardiographe, le tracé recueilli devient tout à fait atypique et représente une pulsation négative, dont le début correspond à l'ouverture des valvules sigmoïdes, et la fin, à l'ondulation *f* ou flot de l'oreillette.

Le cardiogramme représente dans ce cas, avant tout, la courbe des variations de volume du ventricule (voir fig. 24).

Le début seul de la pulsation ventriculaire se marque dans ce cas par une élévation *bb'*.

La fig. 25 représente schématiquement les rapports des cardiogrammes typiques et atypiques avec le tracé de pression intra-ventriculaire et la transformation du cardiogramme positif en cardiogramme négatif.

Il est clair que si l'on veut utiliser le tracé du choc du cœur pour déterminer la durée des phases de la pulsation cardiaque, il faut s'efforcer d'obtenir un cardiogramme typique, c'est-à-dire appliquer la capsule exploratrice à droite, chez le chien, de manière que le bouton du cardiographe s'enfonce à travers un espace intercostal, dans la substance même du cœur.

Si, chez un même animal, on obtient des séries de tracés dans lesquels le plateau systolique est tantôt court, tantôt long, il faudra rejeter les seconds et s'attacher à recueillir les premiers.

La plupart des cardiogrammes recueillis chez l'homme et publiés par les auteurs, sont heureusement des tracés typiques, présentant le plateau systolique à trois ondulations et l'ondulation finale *f* au bas de la ligne du relâchement ventriculaire.

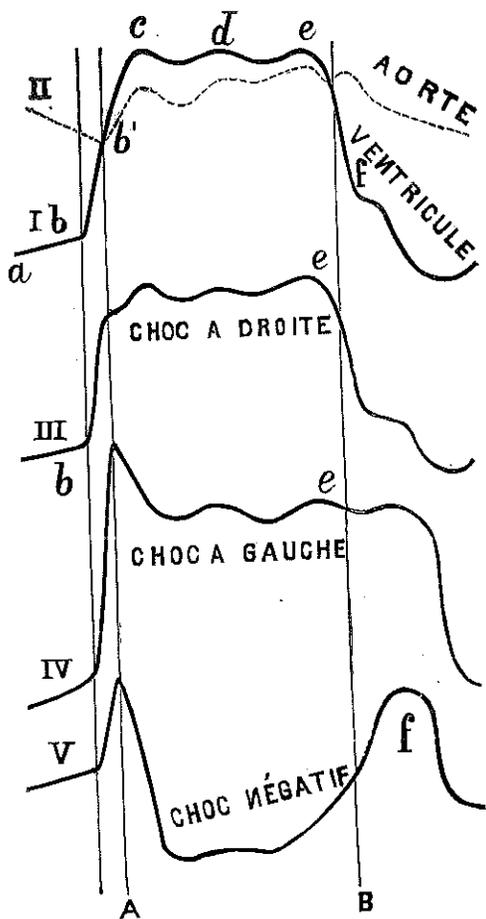


FIG. 26. I, tracé de pression intra-ventriculaire;
 II, tracé de pression aortique;
 III, cardiogramme typique recueilli à droite;
 IV, cardiogramme atypique recueilli à gauche;
 V, cardiogramme atypique négatif;
ab, systole auriculaire;
bede, systole ventriculaire;
 A, *b'*, ouverture des valvules sigmoïdes;
 B, clôture des valvules sigmoïdes.