

LA SECONDE ONDULATION POSITIVE
 (PREMIÈRE ONDULATION SYSTOLIQUE) DU POULS VEINEUX
 PHYSIOLOGIQUE CHEZ LE CHIEN,

par Léon FREDERICQ.

(*Institut de Physiologie, Liège.*)

(21 figures.)

§ I. — *Historique.*

FRIEDREICH (1865), POTAIN (1868), MOSO (1878), RIEGEL (1881), FRANÇOIS-FRANCK (1882), etc., ont démontré, chez l'homme, l'existence constante, ou tout au moins fréquente, du pouls veineux jugulaire en dehors de toute lésion cardiaque ou vasculaire.

MAREY (1881), RIEGEL (1881), GOTZWALT (1881), FRANÇOIS-FRANCK (1882) l'avaient retrouvé chez le chien et le lapin comme phénomène normal et physiologique. Je suis arrivé au même résultat dans un travail publié en 1890, auquel je renvoie pour la bibliographie ancienne de la question.

J'ai insisté à cette époque sur l'identité du tracé du pouls de la jugulaire avec celui des variations de la pression sanguine à l'intérieur de l'oreillette droite, et donné une description détaillée de ces deux tracés.

J'ai montré que, malgré leur diversité apparente, ces tracés se ramènent tous à un type commun, dans lequel on peut distinguer, avec FRANÇOIS-FRANCK et CHAUVEAU :

1^o Une première ondulation positive présystolique (*ab*) coïncidant avec la systole auriculaire et due à cette dernière;

2^o Une seconde ondulation positive (première ondulation systolique) (*bc*), plus brève que la première, avec laquelle elle peut, d'ailleurs, se fusionner plus ou moins. L'ondulation positive *bc* correspond exactement au début de la systole ventriculaire. Je l'ai attribuée, avec FRANÇOIS-FRANCK et CHAUVEAU, à la clôture des valvules tricuspides auriculo-ventriculaires.

3^o Une pulsation négative brusque (*pouls négatif* ou *vide systolique*) (*cde*), souvent profonde, correspondant à la projection de l'ondée ventriculaire dans les grosses artères. Je l'ai attribuée, avec CHAUVEAU, au recul balistique du cœur et à l'abaissement vers la pointe du cœur, de la cloison auriculo-ventriculaire.

culaire. Pendant la seconde phase de cette pulsation négative, la pression se relève par saccades, de manière à passer à la pulsation positive suivante *def*.

4^o Une *troisième ondulation positive* (*deuxième ondulation systolique*) (*def*), plus ou moins dentelée, à sommets multiples, correspondant aux saccades de la systole ventriculaire, se prolongeant jusqu'après la fin de la systole ventriculaire, c'est-à-dire jusqu'au moment où la valvule tricuspidé s'ouvre et où l'oreillette vide son contenu dans la ventricule. Cette évacuation brusque du contenu de l'oreillette donne lieu à :

5^o Une *pulsation négative* ou *vide post-systolique* (*fg*), qui débute avec la pause. La pression se relève ensuite graduellement jusqu'à la pulsation suivante. (Voir les fig. 1 et 2).

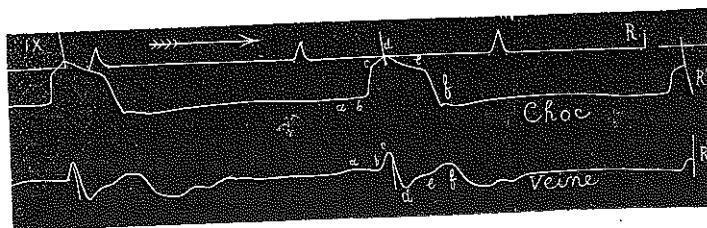


FIG. 1. — Tracé du choc du cœur (choc) et pouls veineux (veine), recueillis simultanément sur un grand chien morphiné. Horloge à secondes. Les repères (RR) à la fin du tracé, à droite, sont pris en arrêtant l'appareil enregistreur,
ab, systole auriculaire; bc, début de la systole ventriculaire et projection vers l'oreillette des valvules auriculo-ventriculaires; cde, pénétration du sang dans l'aorte et dans l'artère pulmonaire; ef, relâchement ventriculaire.

(Fig. 16 du travail : *Sur le pouls veineux physiologique* de 1890).

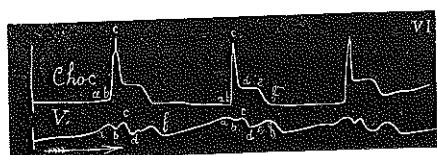


FIG. 2. — Choc du cœur et pouls veineux de la jugulaire.
Même explication des lettres qu'à la figure 1.

(Fig. 17 extraite de : *Sur le pouls veineux physiologique*)

Depuis cette époque, plusieurs physiologistes ont étudié la même question. W. TOWNSEND PORTER a donné de la pulsation auriculaire une description très voisine de la mienne : son interprétation n'en diffère que sur des points secondaires. MORROW, travaillant au laboratoire de Breslau sous la direction de HÜERTHLE, puis BURTON-OPITZ, au laboratoire de Harvard, arrivèrent à des résultats analogues en ce qui concerne le pouls veineux. Tout récemment encore, MORROW a confirmé ses anciens résultats. La description donnée par BARD du pouls veineux des-

jugulaires de l'homme rappelle également celle qui a été admise pour le chien par les physiologistes que je viens de citer. BARD a insisté sur le caractère bifide de la seconde ondulation positive systolique (correspondant aux dentures signalées par moi en 1890).

Au cours de ces dernières années, à la suite de la publication du livre de JAMES MACKENZIE sur le pouls (*The Study of the pulse*), les cliniciens ont montré un redoublement d'intérêt pour l'étude du pouls veineux.

Si la description que donnent MACKENZIE, WENCKEBACH, DOUMA, etc., du pouls veineux, est identique à celle dont j'ai parlé plus haut, leur interprétation en diffère sur un point essentiel. Frappés de la coïncidence que présente ordinairement au niveau du cou, la *première ondulation systolique* du pouls de la jugulaire avec la pulsation principale de la carotide, les cliniciens ont été amenés à considérer cette première ondulation systolique jugulaire comme due à la propagation mécanique de la pulsation artérielle (carotidienne ou aortique). Plusieurs d'entre eux se sont mis d'accord (¹) pour désigner l'ondulation en question par la lettre *c* (initiale de *Carotis*).

L'autorité avec laquelle cette nouvelle thèse est présentée, est de nature à ébranler la conviction ; c'est ce qui m'a conduit à reprendre l'étude du pouls veineux chez le chien, en mettant cette fois à profit les progrès qu'a faits la technique de l'étude de la physiologie du cœur des mammifères dans ces dernières années.

§ II. — *Le début de la deuxième ondulation positive bc de la jugulaire correspond à peu près au début de la pulsation carotidienne.*

Les expériences ont été faites sur de grands chiens anesthésiés par la morphine ($1/2$ centigramme par kilogramme d'animal) et le chloroforme. Quand l'immobilité complète du sujet était désirable, on injectait en outre une dose suffisante de curare ($1/2$ à 1 centimètre cube d'une solution à 1 % par kilogramme d'animal) très lentement, au moyen d'une burette à robinet reliée à une veine du membre inférieur, jusqu'à production d'effet. Dans ce cas on

(¹) « Alle Autoren (nous dit WENCKEBACH, *loc. cit.*, p. 303) sind darüber einig dass diese Welle (die zweite Welle) ein arterielles Phänomen ist und von dem Karotispulse herrührt. Sie fällt in die Zeitdauer der Ventrikelsystole und genau zusammen mit dem Karotispulse. »

Il est possible que chez l'homme, la pulsation carotidienne influence le pouls de la jugulaire. Chez le chien, ce n'est certainement pas le cas.

pratiquait la trachéotomie et on reliait la canule trachéale à l'appareil pour la respiration artificielle à air chauffé.

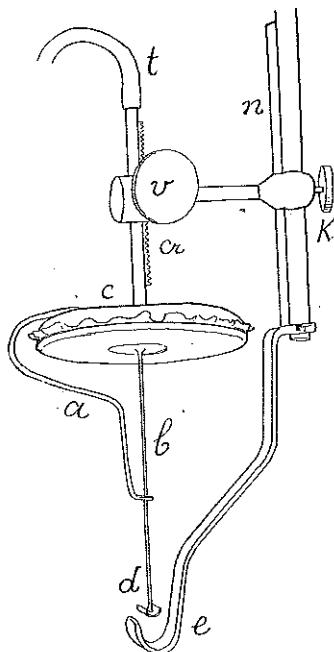


FIG. 3. — Tambour explorateur du sphygmographe à transmission. L'artère se place entre *d* et *e*. (Voir PHILIPS dans *Arch. intern. Physiol.*, 1904, I, 84, fig. 2.)

pendant la phase d'expiration qu'il convient de recueillir les tracés de pulsation veineuse, qui présentent alors leur plus grande amplitude. De plus, on ne risque pas de voir les ondulations correspondant à la fin d'une pulsation interférer avec celles du début de la pulsation suivante.

En regard du pouls veineux, on inscrit simultanément un tracé de pouls carotidien, recueilli, soit au moyen d'un sphygmographe à transmission (voir fig. 3), soit au moyen d'un sphygmoscope de CHAUVEAU-MAREY. On peut aussi enregistrer, soit le choc extérieur du cœur recueilli du côté droit, au moyen de l'explorateur à coquille (cardiographe extérieur) de MAREY, soit le tracé de pression du ventricule droit (sonde exploratrice introduite par la jugulaire droite).

La veine jugulaire externe droite était mise à nu à la région inférieure du cou et isolée jusqu'à l'endroit où elle se réunit à la veine axillaire. Il peut être utile de sectionner les insertions sternales des muscles sterno-mastoïdien et sterno-hyoïdien-thyroïdien, ainsi que la partie voisine des pectoraux, pour mieux dégager la veine et mettre également à nu la carotide.

Les pulsations de la jugulaire, ou celles du tronc veineux résultant de l'union de la jugulaire avec l'axillaire, sont recueillies au moyen d'un explorateur VERDIN (capsule à air sensible, analogue à celle de la fig. 3) et transmises à un petit tambour à levier (modèle ROTHE), qui écrit avec un minimum de frottement sur le papier, légèrement enfumé, du grand kymographe de HERING.

Chez le chien, la fréquence des pulsations cardiaques est très inégale aux deux phases de la respiration. Le rythme des pulsations s'accélère pendant l'inspiration, pour se ralentir notablement à l'expiration. C'est pen-

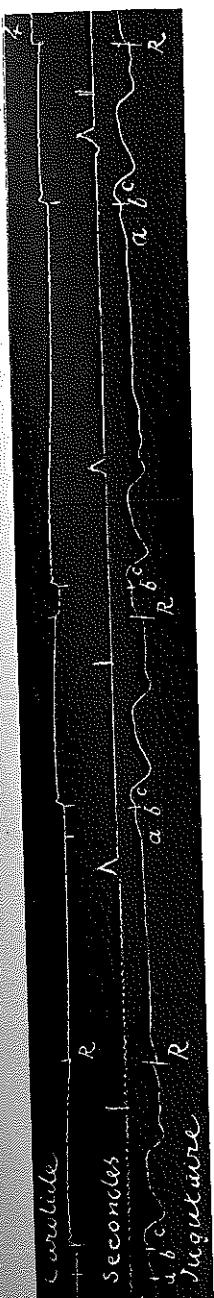


Fig. 4. — Pouls carotidiens recueillis au moyen du sphygmoscope à transmission. Pouls veineux recueillis au moyen de l'explorateur VERDIX appliqué à la jugulaire droite isolée des parties voisines. Oïsien n° II de 14 kilogrammes.
(Les grands repères R correspondent à des arrêts de l'appareil enregistreur ; les petits repères ont été ajoutés au compas.)
ab, systole de l'oreillette.
L'ondulation bc du pouls de la jugulaire coïncide avec le début de la pulsation carotidiene.

Les figures 4 et 5 nous montrent des exemples de graphiques obtenus de cette façon. On peut y constater que le début de *bc*, la deuxième ondulation du tracé veineux, coïncide plus ou moins avec le début de l'ascension du pouls carotidien, conformément aux affirmations de MACKENZIE, WENCKEBACH, etc.

Mais, est-ce une raison suffisante pour admettre une relation de cause à effet entre les deux phénomènes ?

Et, d'abord, la coïncidence n'est pas toujours parfaite. Souvent, le pouls carotidien avance un peu sur l'ondulation *bc* de la jugulaire ; d'autre fois, c'est le début de *bc* qui précède la première ascension du pouls carotidien. Bard a récemment insisté sur ce dernier point.

Il n'est pas difficile, d'ailleurs, de protéger la veine, à la région découverte sur laquelle on opère, contre une propagation de l'ébranlement pulsatile, soit de la carotide, soit des autres artères du cou, notamment d'une petite artère qui croise l'origine de la jugulaire.

On peut isoler la veine en glissant sous elle une plaque de métal. La pulsation *bc* persiste avec tous ses caractères.

On pourrait songer à attribuer avec FRIEDREICH, BECCARI, BELSKI, etc. l'ondulation *bc* du tracé jugulaire à un ébranlement artériel communiqué, non plus au cou, mais à l'intérieur même de la poitrine, par la pulsation de l'origine de l'aorte, à la portion voisine de la veine cave supérieure, ébranlement qui se propagerait de là au cou.

Mais cette explication ne tient pas compte de l'inégale vitesse de progression des pulsations artérielles et veineuses. Alors que les pulsations carotidiennes se propagent avec une vitesse de 6 à 8 mètres à la seconde, celles de la jugulaire ne parcourent que 2 mètres environ dans le même temps (MORROW). La pulsation carotidienne ne mettra, par exemple, que 2 cen-

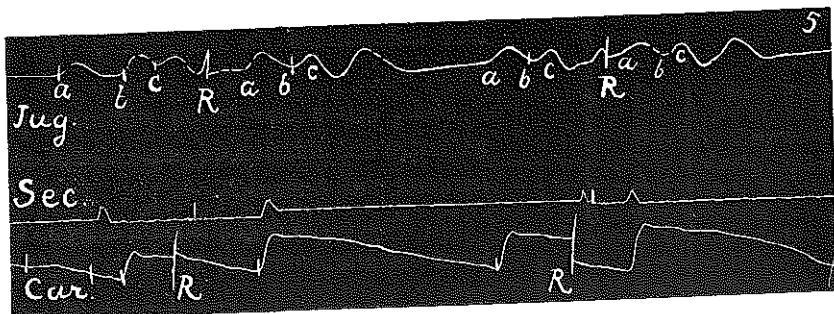


FIG. 3. — Même explication que pour la figure 4. L'ondulation *bc* du pouls de la jugulaire correspond au début du pouls carotidien. Chien n° 1 de 22 kilogrammes.

tièmes de seconde pour parcourir les 15 centimètres qui séparent le bouton du sphygmographe carotidien d'avec la crosse de l'aorte, tandis que la pulsation veineuse mettra 6 à 7 centièmes de seconde pour franchir une distance équivalente ; elle devrait arriver au bouton de l'explorateur VERDIN, avec un retard de 4 à 5 centièmes de seconde (soit un vingtième de seconde) sur la pulsation de la carotide, si toutes deux étaient parties en même temps du cœur.

La coïncidence observée au cou entre l'ondulation veineuse *bc* et le pouls carotidien ne milite donc pas en faveur d'une coïncidence d'origine, qui serait localisée dans la poitrine au voisinage du cœur ; elle est incompatible avec cette interprétation. Elle est, d'ailleurs, contredite par les faits exposés au paragraphe III.

§ III. — *Le début de la deuxième ondulation positive bc du pouls de la veine cave (et de l'oreillette droite), correspond exactement au début de la systole du ventricule droit.*

Je me suis efforcé, dans cette nouvelle série d'expériences, d'éviter l'ouverture de la poitrine et le trouble profond que la suppression du vide thoracique

(et la chute de pression sanguine qui en est inséparable) amène dans les conditions mécaniques de la circulation.

Les variations de pression du sang dans les grosses veines intra-thoraciques, ainsi que dans l'oreillette et le ventricule droit, ont été enregistrées chez des chiens à thorax intact, au moyen de sondes exploratrices spéciales, introduites par les jugulaires et poussées dans la direction du cœur. Ces sondes reliées à des tambours à levier, rappellent les *sondes cardiographiques* employées pour la première fois en 1863, par CHAUVEAU et MAREY, dans leurs célèbres expériences sur la pulsation du cœur chez le cheval.

Chez de très grands chiens, j'ai pu me servir d'une assez grosse sonde à *double courant*, et à double ampoule, l'une destinée au ventricule droit, l'autre à l'oreillette droite ou à la veine cave supérieure. La sonde était introduite par une boutonnière pratiquée dans la jugulaire externe, droite ou gauche. Sur des chiens ne pesant pas plus de 10 à 15 kilogrammes, il est plus facile d'employer deux sondes simples, plus étroites. L'une, la sonde ventriculaire, est introduite par la jugulaire droite et poussée à fond jusque dans le ventricule droit, où on la laisse à demeure. On fait entrer l'autre sonde par la jugulaire gauche et on la fait pénétrer moins profondément, de manière à arrêter son ampoule exploratrice, tantôt dans l'oreillette droite, tantôt à différents niveaux de la veine cave supérieure, ou même plus haut.

Chaque sonde est formée d'un tube en métal assez étroit (3^{mm}5 à 4 millimètres de diamètre intérieur; longueur: 15 à 25 centimètres), portant à son extrémité un renflement explorateur fenêtré (longueur: 2 à 4 centimètres; diamètre extérieur: 6 à 10 millimètres).

Il s'agit de transformer le renflement fenêtré en une chambre close à parois élastiques. Après divers essais, j'ai trouvé avantageux d'employer à cet effet des bouts de veines empruntés, soit au même chien, soit à un chien qui a servi à une expérience précédente. Les bouts de veine sont découpés à la longueur voulue; on en coiffe le renflement de la sonde. On a soin de retourner le bout de veine sur l'ampoule métallique, afin que la surface lisse, endothéliale, soit à l'extérieur. Deux ligatures servent à fixer le bout de veine sur la sonde.

On peut à la rigueur, dans l'intervalle des expériences, conserver les sondes avec leur revêtement veineux dans un mélange à parties égales de glycérine et d'eau. Mais les membranes veineuses, conservées ainsi, ne sont pas aussi souples que les parois veineuses tout à fait fraîches.

Les fenêtres de l'ampoule ventriculaire sont petites (fig. 6, V), afin d'éviter de trop fortes excursions du levier inscripteur, sous l'influence des systoles ventriculaires. Au contraire, pour l'oreillette et la veine cave, il faut le plus souvent

porter la sensibilité de l'appareil au maximum, c'est-à-dire employer une ampoule largement fenêtrée, revêtue d'une paroi veineuse très mince (fig. 6, 0). Si par exception, on trouve l'amplitude des excursions du tambour à levier trop fortes, on peut retirer momentanément la sonde et glisser un second bout de veine par-dessus le premier, de manière à diminuer l'extensibilité de la membrane et par conséquent la sensibilité de l'appareil.

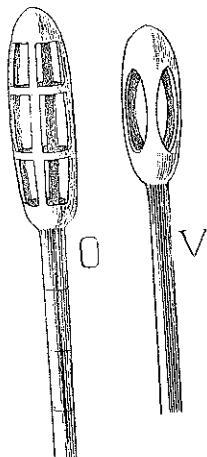


FIG. 6. — Sondes exploratrices pour le cœur du chien.
L'ampoule V est poussée par la jugulaire externe droite jusque dans le ventricule droit du chien.
L'ampoule 0 est poussée par la jugulaire externe gauche jusque dans la veine cave supérieure, ou jusque dans l'oreillette droite. Sa tige porte une graduation en centimètres et demi-centimètres.

Je me suis efforcé de recueillir des graphiques à *très faible amplitude*, afin d'éviter les effets de l'inertie et la tendance aux vibrations propres des appareils inscripteurs. J'ai toujours eu soin de ne comparer que des graphiques recueillis avec des appareils dont le temps perdu était identique (explorateurs et tambours à levier identiques, égale longueur des tubes à transmission, contrôle répété de leur période latente).

Les graphiques recueillis au moyen de l'explorateur auriculo-veineux, à différents niveaux du trajet veineux qui aboutit à l'oreillette droite, sont identiques comme forme à ceux que fournissent les jugulaires externes. Il est facile de constater que l'ondulation *bc* du pouls de la jugulaire se retrouve avec ses traits caractéristiques dans le tracé de la veine cave. La seule différence que j'y découvre, c'est que les ondulations sont un peu plus anguleuses, un peu moins arrondies dans les tracés fournis par la veine cave que dans ceux de la jugulaire, comme il était facile de le prévoir (comparer, par exemple, la fig. 5 avec les suivantes). C'est pour une raison analogue que les tracés de pouls artériels périphériques sont moins anguleux que ceux de l'aorte ou du ventricule gauche. De plus, le pouls de la veine cave avance sur celui de la jugulaire, comme on devait également s'y attendre, puisque d'après

MORROW, la vitesse de propagation n'est ici que de 2 mètres à la seconde.

Ajoutons qu'il n'y a aucune différence entre le pouls de la veine cave et celui de l'oreillette droite. Il serait même impossible de savoir, d'après la seule inspection des graphiques de pulsation que l'on recueille, si l'ampoule exploratrice est logée dans l'oreillette ou dans la portion voisine de la veine cave. Ce n'est qu'en utilisant les marques gravées sur le tube extérieur de la sonde, et indiquant en centimètres la longueur introduite de la sonde, que l'on peut savoir jusqu'à quelle profondeur elle a été enfoncée et vérifier à l'autopsie le niveau exploré. En effet, il n'y a pas de limite véritable entre l'oreillette droite et les veines caves, dont les cavités restent toujours en libre et large communication mutuelle.

La comparaison des tracés recueillis ainsi nous montre qu'au niveau de la veine cave, l'ondulation veineuse *bc* précède d'un intervalle appréciable le début de la pulsation aortique et à plus forte raison celui de la pulsation carotidienne (voir fig. 7 et 8).

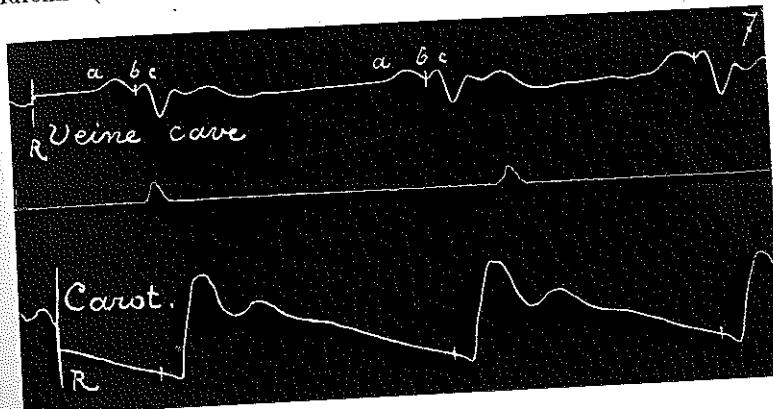


FIG. 7. — Tracé de la veine cave (sonde fenestrée) et tracé du pouls carotidien (sphygmoscope de CHAUVEAU-MAREY), recueillis sur le chien n° XII de 12 $\frac{1}{2}$ kilogrammes, à poitrine fermée. L'ondulation *bc* du pouls veineux précède le début du pouls carotidien.

À niveau du cœur, l'onde veineuse *bc* *coïncide exactement* avec le début de la systole du ventricule droit et par conséquent avec le mouvement de clôture de la valvule tricuspidale (voir fig. 9, 10, 11 et 12).

L'onde *bc* du tracé veineux naît donc au niveau du cœur *avant* la pulsation artérielle. Mais, comme elle se propage vers la tête avec une vitesse notablement plus faible que celle de l'onde artérielle, cette dernière la rattrape au niveau du cou, d'où cette coïncidence fortuite de *bc* et du pouls carotidien.

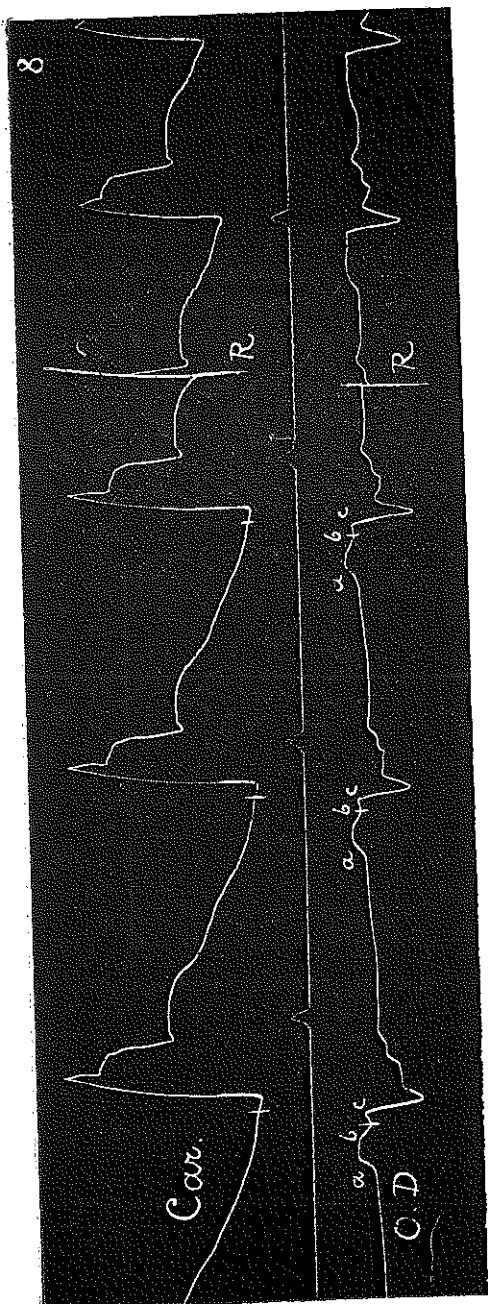


FIG. 8. — Tracé du pouls carotidien (sphygmographie à transmission) et tracé de l'oreillette-droite (sonde fenestrée), recueillis chez le chien n° VIII de 30 kilogrammes, à poitrine fermée. L'ondulation *bc* du pouls auriculaire précède le début du pouls carotidien.
ab. Systole auriculaire. R, R. Repères pris en arrêtant l'appareil enregistreur.

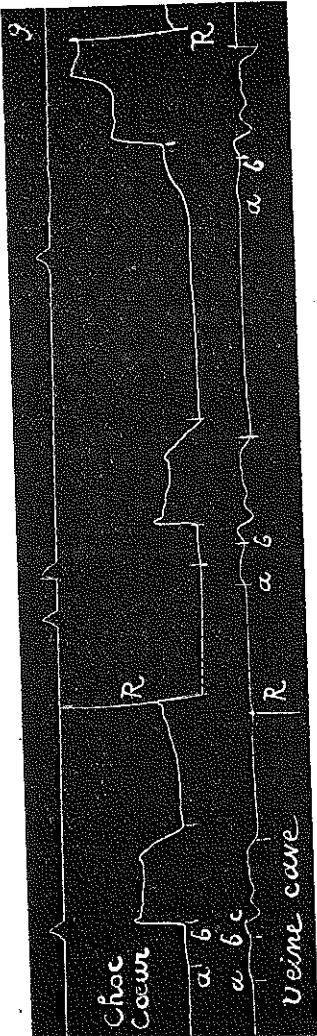


FIG. 9. — Choc du cœur recueilli à l'extérieur de la poitrine (cardiographie à coquille de MAREY) et pouls de la veine cave

(sonde fenestrée), recueillis chez le chien n° V de 15 kilogrammes, à thorax intact.

L'ondulation *bc* du pouls veineux coïncide avec le début de la systole ventriculaire.

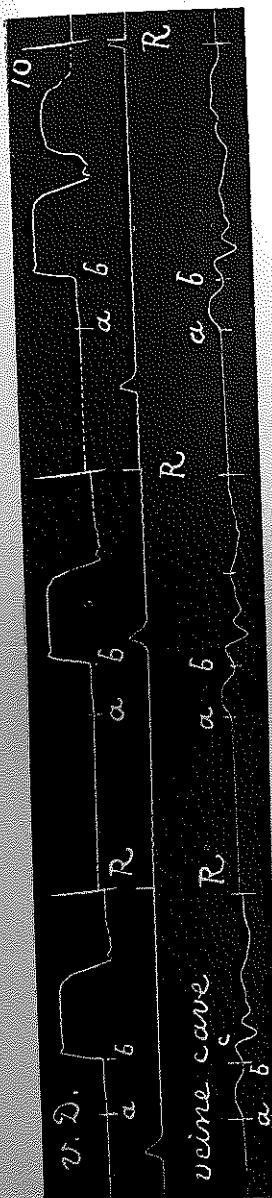


FIG. 40. — Tracé de pression à l'intérieur du ventricule droit (sonde perforée introduite par la jugulaire droite), et tracé de pression dans la veine cave supérieure (sonde fendue introduite par la jugulaire gauche), recueillis chez le chien n° XV de 25 kilogrammes, à thorax intact. L'ondulation *bc* du pouls veineux coïncide avec le début de la systole ventriculaire.

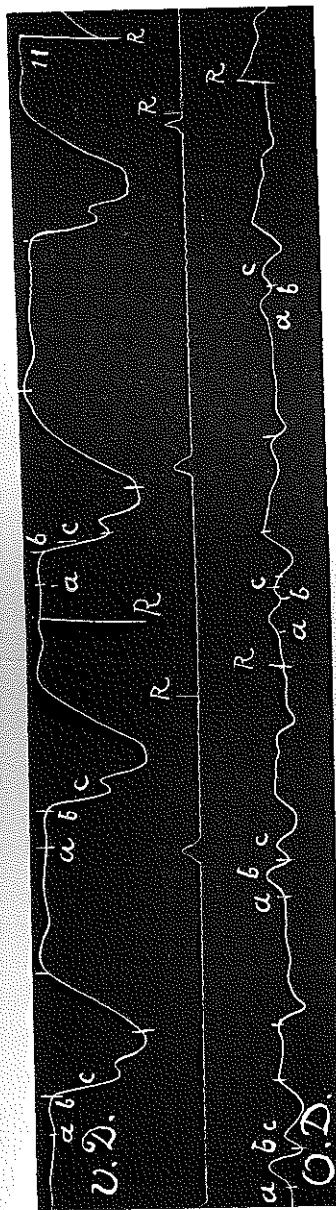


FIG. 41. — *V. D.* Pulsion du ventricule droit, enregistrée au moyen d'un bâton fixé dans la substance du ventricule, relié par un fil à une capsule à air, communiquant avec le tampon à levier de MARIEY. Le style inscripteur descend à chaque systole ventriculaire, (en raison du mode d'enregistrement) ce qui donne lieu à des cardiomagrammes négatifs.

O. D. Tracé de pression auriculaire recueilli au moyen d'un sphigmascope rempli d'huile, fixé dans l'auricule droite. Chien n° II de 14 kilogrammes, à thorax ouvert. L'ondulation *bc* du pouls auriculaire coïncide avec le début de la systole ventriculaire. L'ondulation *bc* du pouls veineux coïncide avec le début de la systole ventriculaire. *ab*, Systole de l'oreille ; *bc*, Systole de la systole ventriculaire. *ab*, *R*, *R*, repères pris en arrêtant l'appareil enregistreur.

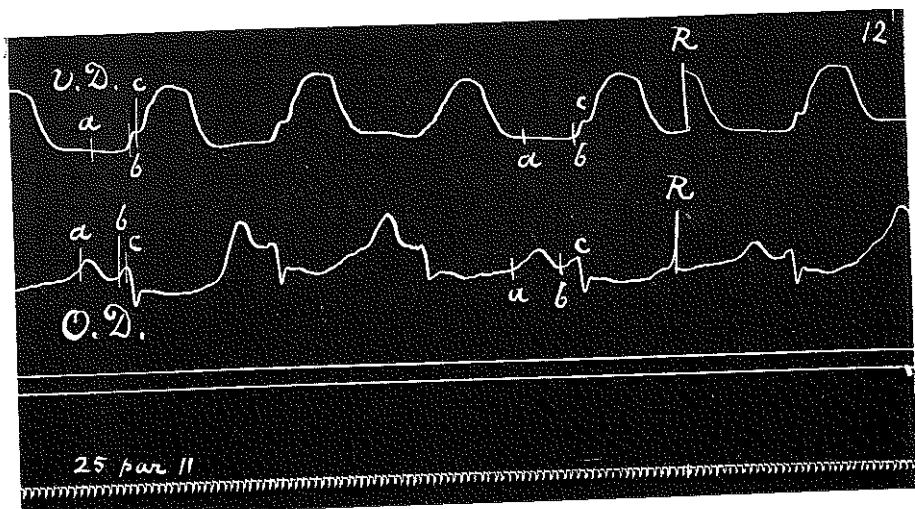


FIG. 12. — *V. D.* et *O. D.* Tracés de pression du ventricule et de l'oreillette droite recueillis chez un cheval au moyen de la sonde cardiographique à double courant de CHAUVEAU et MAREY. *ab*, systole de l'oreillette; *bc*, début de la systole ventriculaire. Temps en vingt-cinquièmes de seconde. L'ondulation *bc* du pouls auriculaire coïncide avec le début de la systole ventriculaire. La fig. 12 ne montre pas l'intersystole de CHAUVEAU. Quand l'intersystole existe, les graphiques de pression auriculaire ne rentrent plus dans le type décrit ici.

§ IV. — *L'onde bc du pouls de la veine cave persiste après suppression de la systole auriculaire, à condition que le ventricule continue à battre.*

La question de la coïncidence de temps de l'onde *bc* du pouls veineux avec le début de la systole ventriculaire résolue, il reste à déterminer le mode de production de cette ondulation.

Elle se montre à une phase de la pulsation où, chez le chien, l'oreillette est en train de se relâcher, tandis que le ventricule commence sa contraction. Une première question se pose donc : faut-il rattacher la production de l'ondulation *bc* à l'activité des oreillettes ou à celle des ventricules ?

Nous possédons plusieurs moyens de dissocier l'action mécanique exercée par la systole de l'oreillette et par celle du ventricule sur le contenu de la veine cave. Nous pouvons supprimer les battements de l'oreillette tout en conservant ceux du ventricule, ou réciproquement, supprimer les battements du ventricule tout en conservant ceux de l'oreillette. Nous pouvons aussi par la section du faisceau de His, produire l'allorhythmie, c'est-à-dire faire battre les ventricules d'un rythme indépendant de celui des oreillettes. J'ai utilisé

ces différents moyens, tantôt sur des chiens à thorax fermé (ce sont les expériences les plus correctes), tantôt sur des sujets à poitrine ouverte.

Sur un chien à poitrine ouverte (le sternum est divisé par un trait de scie suivant la ligne médiane) sur lequel on entretient la respiration artificielle, on peut arrêter momentanément les pulsations des oreillettes, par une excitation mécanique (saisir l'auricule droite entre les mors d'une pince) ou électrique (faradisation légère d'un point de la surface auriculaire) de leur paroi. Les oreillettes cessent momentanément de battre et sont envahies par les *trému-
lations fibrillaires*, les ventricules continuant à battre. Mais, en même temps, les pulsations ventriculaires deviennent irrégulières, tumultueuses : c'est ce que j'ai appelé le *rythme affolé* des ventricules (¹). Il suffit, dans ce cas, d'exciter le pneumogastrique cervical, par faradisation électrique, pour faire disparaître le *rythme affolé* des ventricules et lui substituer un rythme lent et régulier des pulsations ventriculaires, les oreillettes continuant à suspendre leurs systoles.

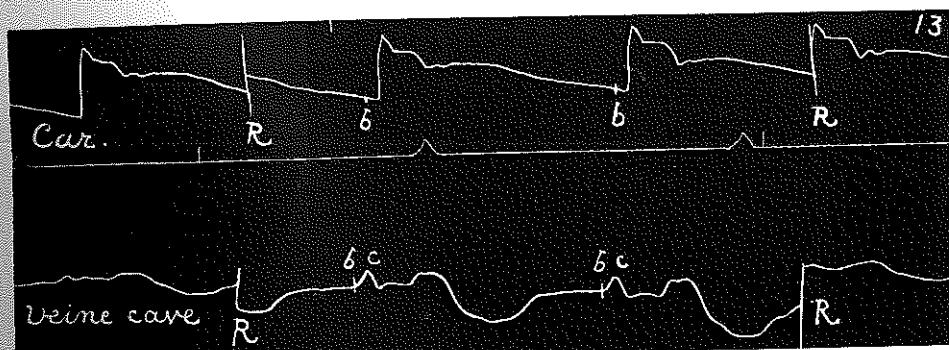


FIG. 43. — Tracé du pouls carotidien (sphygmographe à transmission) et tracé de la pression dans la veine cave (explorateur fenestré) recueillis chez le chien n° VIII de 30 kilogrammes (à poitrine intacte).

Suppression des systoles auriculaires par excitation modérée du pneumogastrique. L'ondulation *ab* fait défaut. L'ondulation *bc* persiste.

R, R, repères correspondant à l'arrêt momentané de l'appareil enregistreur. Horloge à secondes.

Mais, dans beaucoup de cas, il n'est pas nécessaire de provoquer la *fibrillation* des oreillettes pour arrêter leurs battements. Une excitation modérée du pneumogastrique cervical, insuffisante pour arrêter complètement

(¹) Voir *Arch. intern. Physiol.*, 1905, II, 281.

le cœur, a le plus souvent pour premier effet de supprimer les pulsations auriculaires, les ventricules continuant à battre. On peut, dans ce cas, vérifier

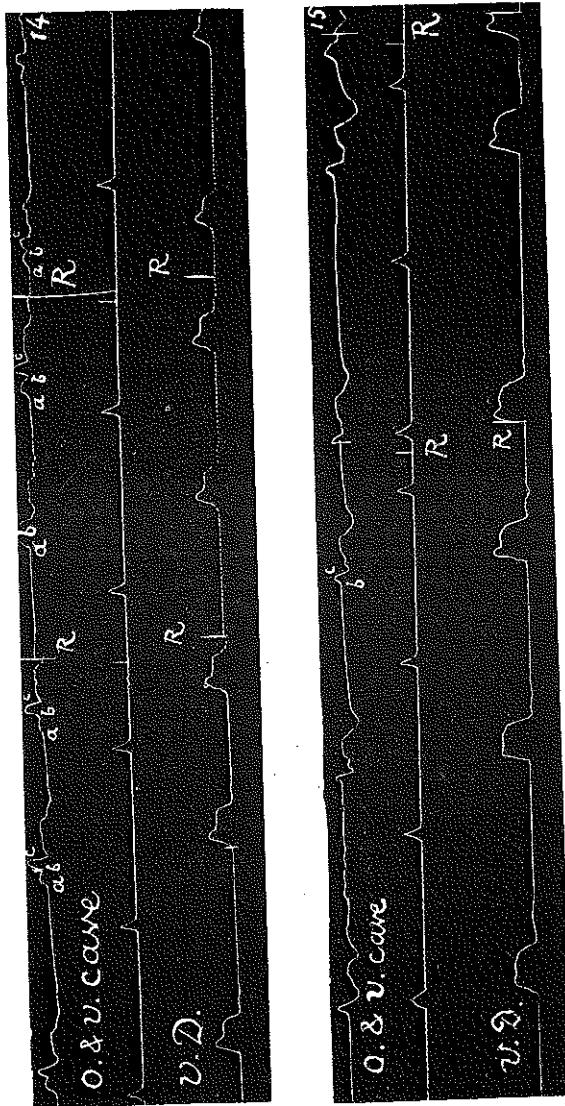


FIG. 14 et 15. — Tracés de pression de l'oreillette droite (et de la veine cave supérieure) et tracé de pression ventriculaire, recueillis par la sonde fenestrée à double courant, chez le chien n° XVI de 19 kilogrammes, à thorax intact.

Dans la figure 14 on voit l'ondulation *ab* due à la pulsation auriculaire.

Dans la figure 15 on voit quelques minutes après la fig. 14, les oreillettes ne battent plus et fibrillent d'une façon permanente, sous l'influence de l'excitation du pneumogastrique cervical. Suppression de l'ondulation *ab*. La fibrillation et l'inertie des oreillettes est immédiatement après vérifiée *in vivo*, par l'ouverture rapide du thorax, pendant la continuation de l'excitation du pneumogastrique.

par la méthode graphique, la réalité de l'inertie des oreillettes. On relie une auricule par un fil à une capsule à air qui, elle-même, est reliée à un tambour à levier. La systole auriculaire s'inscrit ici par une courbe descendante. Dès

que les oreillettes cessent de battre, on voit, sur le tracé de la veine cave, disparaître l'ondulation présystolique, celle qui dépend de la systole de l'oreillette. Mais l'ondulation *bc* (*première ondulation positive systolique*) persiste, comme, d'ailleurs, les autres détails du pouls veineux, pour autant, bien entendu, que les ventricules continuent à battre normalement et sans affaiblissement ou modification notable de leurs systoles.

Quand on s'est familiarisé avec les particularités de cette expérience pratiquée sur des chiens à thorax ouvert, on peut la répéter avec le même succès et dans des conditions meilleures sur des chiens à thorax intact. L'excitation modérée du pneumogastrique cervical produit ici, ordinairement, le même effet physiologique, c'est-à-dire qu'elle se borne à arrêter les oreillettes, ce dont on est averti par la suppression, sur le tracé veineux, de la première ondulation positive, *ab*, celle qui correspond à la systole auriculaire. Quoiqu'on ne puisse pas ici vérifier *de visu* la suspension des battements

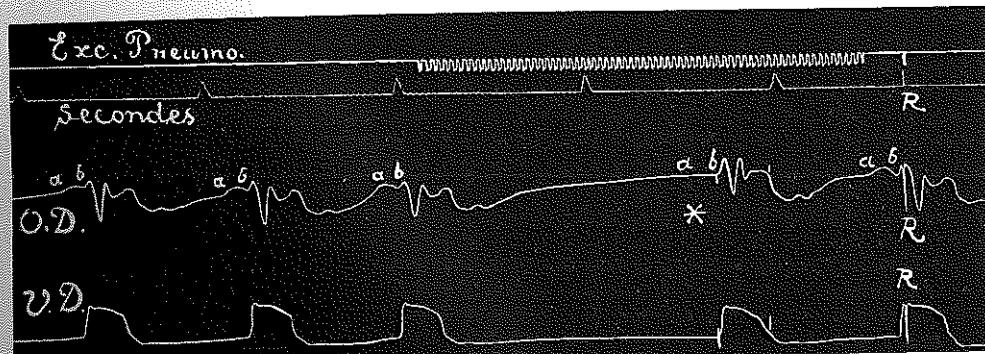


FIG. 16. — Disparition de l'ondulation auriculaire *ab* par excitation du pneumogastrique à la pulsation marquée.*

O. D. Tracé de la sonde fenestrée placée à la limite entre l'oreillette et la veine cave supérieure.

V. D. Sonde du ventricule droit.

L'excitation du pneumogastrique (indiquée sur le tracé d'en haut, par un signal genre MARCEL DEPREZ intercalé dans le circuit primaire du chariot de DU BOIS-REYMOND) a supprimé la systole auriculaire et ralenti la systole ventriculaire. L'expérience est répétée plusieurs fois de suite avec un résultat identique.

de l'oreillette, puisque le cœur n'est pas à nu, l'interprétation du tracé ne saurait laisser aucun doute pour celui qui a réalisé déjà l'expérience sur des animaux à thorax ouvert (Voir fig. 13, 14, 15 et 16).

Une variante de l'expérience d'inhibition du pneumogastrique, limitée aux oreillettes, peut être exécutée après écrasement du faisceau de His. L'écrasement

sement est obtenu au moyen d'une pince à longs mors, introduite par l'auricule droite, et avec laquelle on pince le bord adhérent de la valve interne de la tricuspidé (1). Une fois que l'allorythmie a été obtenue par le pincement

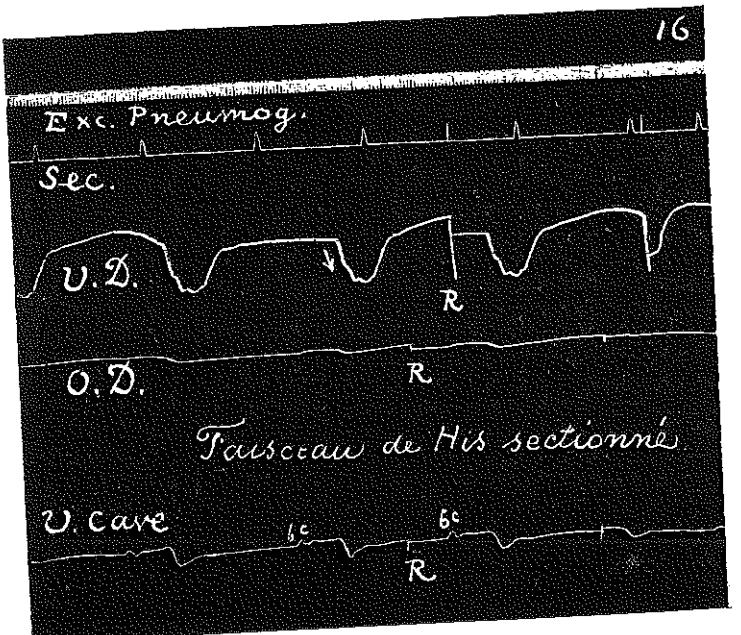


FIG. 47. — *V. D.* Pulsations du ventricule droit enregistrées au moyen d'un hameçon relié par un fil avec une capsule à air communiquant avec un tambour à levier. Les systoles se marquent par des lignes descendantes (Pulsations négatives).
O. D. Pulsations de l'oreillette droite enregistrées par le même procédé. Les systoles auriculaires sont supprimées. Les ondulations du tracé auriculaire correspondent aux mouvements communiqués mécaniquement à l'oreillette par les systoles ventriculaires.
v. cave. Pulsations de la veine cave supérieure recueillies par la sonde fenestrée. Le faisceau de His a été pincé (par l'auricule droite). Suppression de l'ondulation *ab.*
On arrête les battements des oreillettes par excitation du pneumogastrique (indiquée à la ligne supérieure).
Chien n° VII de 15 kilogrammes, à poitrine ouverte.

(1) Voir *Arch. intern. Physiol.*, 1906, IV, 66. J'ai dans ces derniers temps modifié légèrement le procédé de pincement du faisceau de His au moyen d'une pince de DOYEN ou de PÉAN. Voici comment j'opère : le mors de l'une des branches de la pince est introduit par l'auricule à l'intérieur de l'oreillette droite, et fixé par une ligature posée près de la charnière de la pince. L'indicateur de la main gauche, introduit derrière l'aorte, dans le *sinus* de THEILE, sert de guide au mors de l'autre moitié de la pince, qui reste à l'extérieur du cœur. Ce mors extérieur est poussé au fond du *sinus* de THEILE, contre la cloison inter-auriculaire, et par

du faisceau de His, le pneumogastrique perd à peu près complètement son pouvoir inhibiteur sur les ventricules ; son excitation n'agit pour ainsi dire plus que sur les oreillettes. On peut donc, à coup sûr, arrêter les battements de ces dernières, en laissant persister les battements ventriculaires.

Mais il est clair que l'opération pratiquée sur le faisceau de His entraîne l'ouverture de la poitrine et la mise à nu du cœur.

Ici aussi, la suppression de la systole auriculaire a pour conséquence la suppression de la première ondulation positive *ab* qui, seule, est d'origine auriculaire, mais laisse persister toutes les autres ondulations du tracé auriculaire et veineux, comme le montre la figure 17.

§ V. — *L'onde positive bc du pouls de l'oreillette et de la veine cave disparaît aussitôt que l'on supprime les pulsations ventriculaires, tout en laissant persister les battements des oreillettes.*

Je ne connais qu'un seul moyen certain de supprimer les systoles ventriculaires, tout en conservant les systoles auriculaires, c'est de soumettre directement la surface d'un ventricule à l'excitation électrique (ou mécanique). L'expérience peut être exécutée sur le chien (immobilisé par le curare), sans qu'il soit nécessaire d'ouvrir la poitrine. On enfonce deux aiguilles métalliques à travers la paroi thoracique gauche, jusque dans la substance des ventricules du cœur. Les aiguilles servent d'électrodes pour amener aux ventricules les chocs d'induction tétanisants fournis par la bobine secondaire du chariot de DU BOIS-RAYMOND (modèle KRONECKER) alimenté par une pile GÜLCHEM thermo-électrique.

Aussitôt que l'on fait passer le courant, les ventricules cessent de battre et se mettent à fibriller, tandis que les oreillettes continuent encore leurs pulsations pendant un certain temps.

L'ondulation *ab* persiste seule dans ce cas sur le tracé de l'oreillette et de la veine cave (parfois avec un sommet bifide) ; toutes les autres ondulations, y compris *bc*, disparaissent (voir fig. 18 et 19).

conséquent à une petite distance du faisceau de His. Le mors intérieur est poussé de façon à accrocher la valve interne de la tricuspidie. Quand on juge que les mors sont bien placés, on ferme la pince. Si le faisceau de His a été pincé correctement, les ventricules, après s'être arrêtés pendant quelques secondes, reprennent leurs battements, mais d'un rythme lent, indépendant de celui des oreillettes. Dans ce cas, l'excitation du pneumogastrique cervical arrête les pulsations auriculaires, mais n'a plus qu'une action insignifiante ou nulle sur les ventricules.

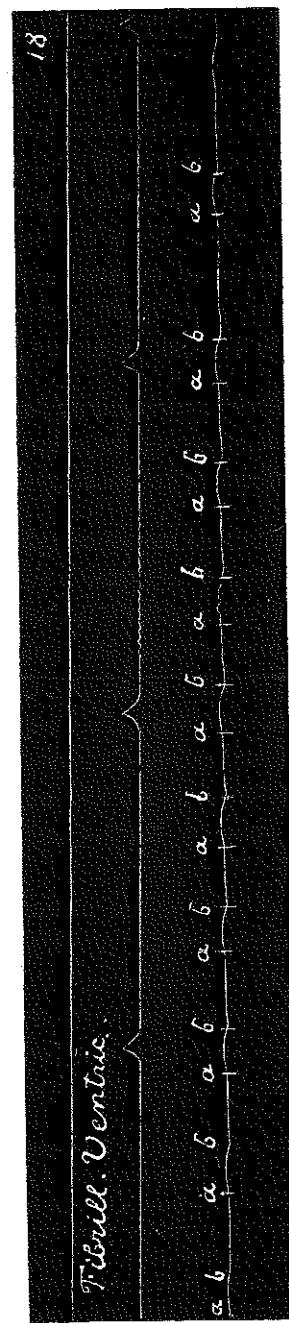
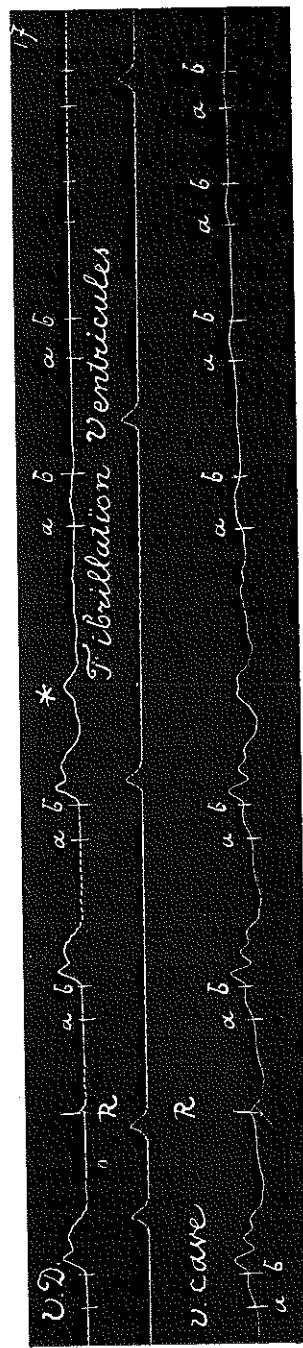


Fig. 18 et 19. — Tracés de pression du ventricule droit (*V. D.*) et de la veine cave (*v. cave*) recueillis au moyen de deux sondes fenêtrées chez le grand chien n° XX. de 25 kilogrammes, à thorax intact, mais curarisé (suspension de la respiration artificielle au moment où l'on prend le tracé). En *, on supprime les systoles ventriculaires (fibrillation) par faradisation directe des ventricules (aiguilles implantées dans le cœur à travers la paroi thoracique). L'ondulation *ab* persiste seule (systole de l'oreillette). Le tracé 19 fait presque immédiatement suite au tracé 18.

Ainsi se trouve encore confirmée l'origine ventriculaire (et non auriculaire) de *bc*.

Malheureusement la curarisation affaiblit souvent l'énergie des pulsations cardiaques, ce qui atténue les ondulations de la pulsation veineuse sur le tracé : et la curarisation est cependant indispensable si l'on veut éviter les soubresauts de l'animal au moment de l'électrisation du cœur.

§ VI. — *La portion ascendante bc de la seconde onde positive (première onde systolique) du pouls veineux (et auriculaire) est due à la clôture de la valvule tricuspidé.*

Nous avons vu que la portion ascendante *bc* de la première onde systolique du pouls veineux coïncide exactement avec le début de la systole ventriculaire, et que sa production est liée aux phénomènes mécaniques qui accompagnent le début de la contraction du muscle ventriculaire.

L'augmentation de pression qui se montre dans l'oreillette pendant l'inscription de la portion ascendante de *bc* correspond donc à l'augmentation systolique de la pression intra-ventriculaire. Comme cette augmentation de pression ventriculaire ne peut se communiquer au contenu de l'oreillette et des veines caves qu'à travers l'orifice auriculo-ventriculaire, orifice que la valvule tricuspidé vient précisément fermer à ce moment, il semble logique de rattacher la production de l'onde positive *bc* au mouvement de clôture de la valvule tricuspidé. Cette valvule bombe à ce moment du côté de l'oreillette droite, comme on peut s'en assurer directement, en introduisant l'index dans l'oreillette droite, par une boutonnière de l'auricule.

On ne peut songer à administrer la preuve directe de cette interprétation, en supprimant la clôture de la valvule tricuspidé, par lésion ou destruction de cette valvule, car la destruction ou la perforation de la valvule tricuspidé et l'insuffisance tricuspidé qui en résultent, auront pour effet de produire une régurgitation de sang vers l'oreillette et les veines caves, à chaque systole ventriculaire, et de provoquer la production d'un pouls veineux systolique *positif*.

§ VII. — *La portion descendante cd de la seconde onde positive (première onde systolique) du pouls jugulaire ne dépend exclusivement, ni de la diastole auriculaire, ni de l'augmentation du vide thoracique (due à la sortie hors du thorax de l'ondée aortique). Elle dépend encore et surtout d'une autre cause : le recul balistique des ventricules et l'abaissement de la cloison auriculo-ventriculaire, pendant la systole ventriculaire.*

La portion descendante *cd* de la seconde onde positive (première onde systolique) du pouls veineux coïncide avec la fin de la diastole auriculaire.

Plusieurs auteurs, notamment POTAIN, MAREY, FRANÇOIS-FRANCK, BECCARI, GERHARDT et tout récemment MORROW, ont attribué la formation du creux *bc* au relâchement des parois de l'oreillette, c'est-à-dire à la diastole auriculaire.

On peut objecter à cette manière de voir que le creux *bc* persiste encore après la suppression des pulsations auriculaires (suppression réalisée par excitation directe de l'auricule droite, ou par l'excitation des fibres d'inhibition du pneumogastrique cervical [Voir fig. 13, 15 et surtout 16]).

L'expérience nous montre donc que le creux *cd* ne dépend ni *exclusivement*, ni principalement du relâchement diastolique des oreillettes, mais elle n'exclut nullement une participation de la diastole auriculaire dans sa production.

On peut en dire autant de l'augmentation du vide thoracique qui, théoriquement, doit résulter de la projection de l'ondée aortique en dehors de la cavité close de la poitrine. C'est la cause à laquelle BRÜCKE et Mossio croyaient devoir rapporter la production de ce pouls veineux négatif.

Ici encore, on ne peut nier une participation théorique de ce mouvement cardio-pneumatique dans la production du vide systolique du tracé veineux. Mais la preuve que ce n'est pas là la cause *exclusive* ni principale de la pulsation négative *cd*, c'est que le creux *cd* se voit encore sur les tracés veineux que l'on recueille après ouverture de la poitrine (voir fig. 11).

Comme il persiste aussi chez les animaux chez lesquels on réalise à la fois, et l'inertie des oreillettes par faradisation, et l'ouverture de la poitrine, il faut chercher encore une autre cause à sa production. C'est le *recul balistique* du cœur et l'*abaissement* concomitant de la cloison ventriculo-auriculaire qui, dans ce cas, me paraît rendre le mieux compte du phénomène. Cette interprétation, mise en avant par CHAUVEAU et LEFÈVRE en 1856 et 1884, reprise et développée par moi en 1887, a été retrouvée récemment par WENCKEBACH.

Je renvoie à mon travail de 1887 (*Travaux du laboratoire II*, p. 123) pour les développements de la question. On y trouvera une analyse détaillée et des citations des travaux de CHAUVEAU et de LEFÈVRE. Je me borne à rappeler brièvement que l'on peut constater *de visu* sur le chien à poitrine ouverte et à cœur mis à nu, le déplacement du sillon auriculo-ventriculaire dans la direction de la pointe du cœur, à chaque systole ventriculaire. Je reproduis ici (fig. 20) la figure schématique 62 du travail cité. Cette figure indique la direction suivant laquelle se meuvent les limites du ventricule droit à chaque systole. Il en résulte un agrandissement de la cavité auriculaire droite se traduisant par un abaissement de pression. Le mouvement brusque de recul hydrodynamique ou balistique des ventricules au moment précis où leur onde sanguine est lancée dans l'aorte et l'artère pulmonaire, nous explique la rapidité de la chute de pression *cd* qui est représentée par une portion de tracé qui tombe presque verticalement. Cette chute verticale correspond exactement au moment de la pénétration du sang dans l'aorte.

On peut mettre en évidence cette aspiration passive des oreillettes au moment de la systole des ventricules, en supprimant momentanément par faradisation, sur un cœur mis à nu, les pulsations auriculaires. On peut alors voir, à chaque systole ventriculaire, les auricules diminuer de volume et être comme aspirées vers la cavité de l'oreillette. Ce phénomène est des plus marqués lorsque les pulsations sont énergiques.

* *

Après la production du creux *cd*, la pression remonte d'abord brusquement, puis graduellement dans l'oreillette, par suite de la cessation brusque des

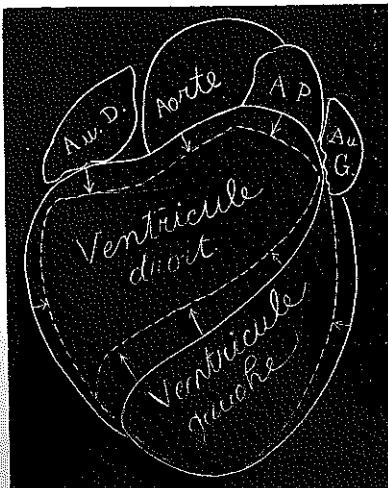


FIG. 20. — Cœur de chien vu par sa face antéro-inferieure (demi-schématique). (Fig. 62 du mémoire de 1887).

Les lignes continues représentent le cœur en diastole.

Les lignes à traits interrompus indiquent les limites des ventricules au moment de leur systole.

Au. D., auricule droite; Au. G., auricule gauche; A. P., artère pulmonaire.

causes qui ont produit le vide, mais surtout par suite de la réplétion gra-
duelle de l'oreillette par le sang veineux qu'y amènent les veines caves.

La ligne de pression monte donc (en présentant souvent des ondulations multiples, correspondant aux saccades de la contraction ventriculaire), tant que les valvules auriculo-ventriculaires restent fermées, c'est-à-dire jusqu'un peu après le début du relâchement musculaire qui marque la fin de la systole ventriculaire. Dès que ce relâchement est plus ou moins complet, la valvule tricuspidé s'ouvre et l'oreillette se vide brusquement dans le ventricule. Il en résulte, du côté du ventricule, la production d'une légère onde positive (le flot de l'oreillette, voir fig. 21), ou tout au moins d'un arrêt momentané dans la ligne de descente du tracé de pression. Du côté de l'oreillette, l'évacuation sanguine se traduit par une brusque diminution de pression (*onde négative* ou *vide post-systolique*, fig. 21).

Le début de cette onde négative post-systolique marque donc le moment d'ouverture des valvules auriculo-ventriculaires. Elle correspond à la seconde moitié de la ligne de descente du tracé ventriculaire, tandis que la clôture des sigmoïdes aortiques correspond au haut de cette ligne de descente.

La clôture des sigmoïdes aortiques, qui marque la fin de la systole ventriculaire, précède donc, d'un léger intervalle de temps, l'ouverture des valvules auriculo-ventriculaires, comme le montre la fig. 21.

Après l'inscription du creux correspondant au *vide post-systolique*, la pression se relève dans l'oreillette et dans les veines caves, d'abord rapidement, puis lentement, par suite de l'afflux croissant du sang veineux. Cette ligne d'ascension veineuse qui s'inscrit pendant la *pause*, montre une ondulation positive (parfois plusieurs), se produisant assez longtemps après la fin de la systole ventriculaire. Cette *ondulation post-systolique*, sur l'origine de laquelle je ne me prononce pas pour le moment, se voit bien sur la fig. 16 ; elle est également plus ou moins marquée sur les figures 1, 4, 7, 10 et 14.

§ VIII. — Conclusion.

La seconde ondulation *bc* du pouls de la jugulaire se retrouve chez le chien, dans le tracé de la veine cave supérieure et dans celui de l'oreillette droite. Elle coïncide avec le début de la systole ventriculaire et la projection vers l'oreillette de la valvule tricuspidé. Elle persiste après suppression des systoles auriculaires, à condition que les ventricules continuent à battre. Elle paraît due à la brusque clôture de la valvule tricuspidé.

La coïncidence que montre fréquemment chez le chien, au niveau du cou, l'ondulation *bc* du pouls jugulaire avec la pulsation carotidienne, est fortuite. Elle provient de ce que le pouls carotidien, se propageant avec une vitesse de 6 à 8 mètres par seconde, rattrape au niveau du cou la pulsation veineuse qui chemine beaucoup plus lentement (2 mètres à la seconde).

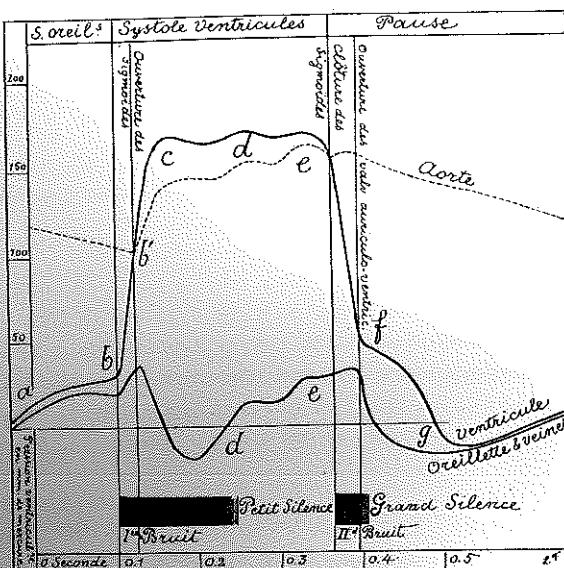


Fig. 21. — Schéma des variations de pression dans l'oreillette, l'oreillette, l'aorte et la veine cave supérieure, au cours d'une révolution cardiaque chez le chien (en partie d'après les expériences antérieures de l'auteur).

ab, systole de l'oreillette ; *bcd*, systole du ventricule ; *b'*, ouverture des sigmoïdes aortiques ; *e*, clôture des sigmoïdes aortiques ; *bb'*, clôture des valvules auriculo-ventriculaires ; *f*, ouverture des valvules auriculo-ventriculaires ; *fg*, vide post-systolique.

Les valeurs absolues de pression marquées à gauche se rapportent au ventricule gauche et à l'aorte.

La figure 21 résume les rapports que présentent le pouls veineux et le pouls auriculaire avec celui des ventricules et celui de l'aorte.

On peut y distinguer dans le pouls veineux et auriculaire, trois ondulations positives alternant avec au moins deux pulsations négatives ou vides.

- 1^o une première ondulation positive ou *ondulation présystolique (ab)* ;
- 2^o une seconde ondulation positive ou *première ondulation systolique (bc)* ;
- 3^o une ondulation négative ou *vide systolique (cd)* ;
- 4^o une troisième ondulation positive ou *seconde ondulation systolique (de)* ;

5^o une seconde ondulation négative ou *vide postsystolique (fg)*;

6^o au vide postsystolique peut faire suite une dernière ondulation positive qui n'est pas représentée fig. 21, mais qui est visible sur la fig. 16. Je propose de l'appeler *ondulation positive postsystolique*. On ne l'observera évidemment que si le rythme cardiaque est fortement ralenti.

BIBLIOGRAPHIE.

Pour la bibliographie antérieure à 1890, je renvoie à mon travail sur le pouls veineux. *Bull. Acad. roy. de Belgique*, 1890, XIX, n° 3, 61.

LÉON FREDERICQ. La pulsation du cœur chez le chien. Sur le tracé cardiographique des oreillettes. *Trav. Labor. Liège*, 1887-1888, II, 113-127, fig. 55-62. — Aussi dans : *Bull. Acad. roy. de Belgique*, 1887, et *Arch. de biol.*

IDE. La pulsation du cœur chez le chien. Sur le pouls veineux physiologique. *Bull. Acad. roy. de Belgique*, 1890, XIX, n° 3, 61-86, 21 fig. — Aussi dans :

Trav. Labor. Liège, 1889-1890, III, 85-108, et *Arch. de biol.*, X, 211.

D. GERHARDT. Klinische Untersuchungen über Venenpulsationen. *Arch. f. exp. Pathol.*, 1894, XXXIV, 402-445, Taf. III. *Ibid.*, 1902, XLVII, 250-266.

W. TOWNSEND PORTER. Researches on the filling of the heart. *Journ. of Physiol.*, 1892, XIII, 513-553, pl. XVIII-XIX.

GIUSEPPE DAGNINI. Patogenesi e significato semeiologico del polso venoso. (Clinica medica di Bologna.) *Morgagni*, 1896, XXXVIII, 1-83 du tiré à part, 36 fig.

KNOLL. Beiträge zur Lehre von der Blutbewegung in den Venen. Ueber den Venenpuls. *Arch. f. d. ges. Physiol.*, 1898, LXXXII, 317-339, Taf. IV-VI.

W. S. MORROW. Ueber die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Venenpulses. *Arch. f. d. ges. Physiol.*, 1900, LXXXIX, 442-449, 4 fig.

LODOVICO BECCARI. Sul polso venoso fisiologico. *Ricerche di Biologia per Pietro Albertoni. Bologna*, 1901, 521-562, 16 fig.

R. BURTON OPITZ. The flow of the blood in the external jugular vein. *Amer. Journ. of Physiol.*, 1902, VII, 435-459.

JAMES MACKENZIE. The study of the pulse, arterial, venous and hepatic and of the movements of the heart. Edinb. a. London, Young J. Pentland, 1902, 321 p., 334 fig.

H.-E. HERING. Die Verzeichnung des Venenpulses am isolierten, künstlich durchströmten Säugetierherzen. *Arch. f. d. ges. Physiol.*, 1905, CVI, 1-16, 11 fig.

LODOVICO BECCARI. Modificazioni respiratorie del polso venoso fisiologico. *Arch. di Fisiol.*, 1905, II, 549-557, 9 fig.

J. RÜHL. Experimentelle Analyse des Venenpulses bei den durch Extrasystolen verursachten Unregelmässigkeiten des Säugetierherzens. *Zeitschr. f. exper. Pathol. u. Therap.*, 1905, I, 43-56, Taf. I-V.

- A. BELSKI. Beitr. z. Kenntn. d. Adam-Stokes'schen Krankheit. *Zeitschr. f. klin. Med.*, 1905, LVII.
- H.-I. DOUMA. De analyse van het phlebogram. Groningen, M. de Waal, 1906, 76 p., 19 fig.
- K.-F. WENCKEBACH. Beiträge zur Kenntnis der menschlichen Herzaktivität. *Archiv für Physiologie*, 1906, 297-354, 20 fig., Taf. II-IV.
- L. BARD. De l'enregistrement graphique du pouls veineux des jugulaires chez l'homme (premier mémoire). Des divers détails du pouls veineux des jugulaires chez l'homme (deuxième mémoire). *Journ. de physiol. et de pathol. gén.*, 1906, 454-459, 2 fig., et 466-479, 6 fig.
- WILLIAM S. MORROW. The various forms of the negative or physiological venous pulse. *Brit. Med. Journ.*, 22 décembre 1906, 5-9 du tiré à part, 15 fig.
- S. BAUM. Der Venenpuls. *Verhandl. d. phys. med. Ges. zu Würzburg.*, 1906, N.-F., XXXVIII, 61-102.