

**Recherches sur la respiration
et la circulation. 2^{me} Article. (1) — La courbe
pléthysmographique du cerveau du chien,**

PAR

LÉON FREDERICQ.

Professeur à l'Université de Liège.

CHAPITRE PREMIER.

INTRODUCTION.

Ressources offertes par la vivisection pour l'étude graphique des mouvements du cerveau. Description du pléthysmographe cérébral : tube de verre se fixant à frottement dans un trou de trépan, et communiquant avec un tambour à levier de Marey. La courbe pléthysmographique du cerveau exprime à chaque instant la différence entre l'entrée et la sortie du sang de la cavité céphalo-rachidienne; elle ne correspond pas nécessairement aux variations pulsatiles dans le diamètre des vaisseaux artériels. Elle présente des oscillations cardiaques, respiratoires et vaso-motrices.

§ I. — Les mouvements d'expansion et de retrait alternatifs du cerveau (mouvements isochrones avec ceux du cœur et avec ceux de la respiration), que l'on observe aux fontanelles des jeunes enfants, ou au niveau des pertes de substance des os du crâne chez l'adulte, étaient déjà connus des anciens. C'est de la Renaissance que datent les débuts de leur étude scientifique. Depuis cette époque jusqu'à nos jours, un grand

(1) Voir la première partie : *De l'influence de la respiration sur la circulation*, dans les Archives de Biologie, vol. III, p. 53, 1882.

nombre de médecins et de physiologistes se sont appliqués à les décrire, à en découvrir les causes et à en déterminer l'importance fonctionnelle. Il est en effet peu de questions spéciales en physiologie, qui aient donné lieu à une série aussi nombreuse de travaux intéressants et parfois de débats passionnés. Je me dispenserai d'en refaire ici l'histoire, renvoyant ceux que la chose intéresse, aux différents mémoires cités plus loin. Je signalerai notamment le grand travail de Mosso qui a paru en italien (1879) et en allemand (1881) et qui est précédé d'un résumé historique suffisamment étendu.

Je me bornerai à rappeler que cette question est entrée depuis quelques années dans une phase nouvelle. Elle a été pour ainsi dire rajeunie par l'introduction de la méthode graphique. Grâce à l'emploi des appareils enregistreurs(1),

(1) W. LEYDEN. *Beiträge und Untersuchungen zur Physiologie und Pathologie des Gehirns*. (Virchow's Archiv. Bd. 37, 1866, p. 519.)

J. B. LANGLET. *Études critiques sur quelques points de la physiologie du sommeil*, Paris, 1872.

A. SALATHÉ. *Recherches sur le mécanisme de la circulation dans la cavité céphalo-rachidienne*. (Travaux du laboratoire de Marey, 1876 et Comptes-rendus, 19 Juin 1876.) *Recherches sur les mouvements du cerveau*. Thèse de Paris, 1877.

MOSSO. *Introduzione ad una serie di esperienze sui movimenti del cervello nell' uomo*. (Archivio per le scienze mediche I, fasc. 2, 1876.)

C. GIACOMINI e A. MOSSO. *Esperienze sui movimenti del cervello nell' uomo*. (Archivio per le scienze mediche, I, fasc. 3, 1876 et Comptes-rendus, 3 Janvier, 1877.)

ALBERTOTTI e MOSSO. *Osservazioni sui movimenti del cervello di un idiota epilettico*. (R. Accademia di Medicina di Torino, 1877.)

MOSSO. *Sulla circolazione del sangue nel cervello dell' uomo*. (Atti dei Lincei. Mem. Sc. Fis. Ser. 3^a. vol. V^o p. 237. 7 Dicembre 1879. *Ueber den Kreislauf des Blutes im menschlichen Gehirn*. Leipzig, 1881.)

BRISSAUD et FRANÇOIS-FRANCK. *Inscription des mouvements d'expansion et de retrait du cerveau chez une femme présentant une vaste perte de substance du pariétal gauche*. (Travaux du laboratoire de Marey. Année 1877, p. 137.)

FRANÇOIS-FRANCK. *Recherches critiques et expérimentales sur les mouvements alternatifs d'expansion et de resserrement du cerveau dans leurs rapports avec la circulation et la respiration*. (Journal de l'Anatomie et de la Physiologie, Mai 1877, p. 266.)

Salathé, Mosso, François-Franck, Flemming, Ragosin et Mendelssohn, G. Burckhardt, Karl Mays, Mondini ont pu reprendre à nouveau l'étude des mouvements du cerveau, et l'enrichir d'un grand nombre de données intéressantes. Fait assez singulier, le zèle de ces nouveaux expérimentateurs s'est porté presque exclusivement vers l'étude des mouvements du cerveau de l'homme, négligeant ainsi les ressources offertes par la vivisection. Si on laisse de côté quelques expériences incomplètes de Leyden, le mémoire de Salathé est le seul travail consacré à l'étude graphique des mouvements du cerveau d'un animal.

Cependant l'expérimentation sur l'animal vivant nous offre des moyens d'investigation bien plus complets que l'observation pure, à laquelle doit plus ou moins se résigner celui qui étudie le sujet humain. Il est d'ailleurs toute une série de questions que la vivisection peut seule élucider. Enfin une dernière raison qui aurait dû faire préférer un animal de laboratoire, le chien à l'homme, c'est que le chien présente plusieurs particularités physiologiques qui facilitent singulièrement l'étude de certains phénomènes circulatoires : les pulsations cardiaques se ralentissent extraordinairement pendant l'expiration chez cet animal. En outre, l'expérimentateur peut à volonté observer la discordance des variations respira-

WILLIAM FLEMMING. *The motions of the brain.* (Glasgow Medical Journal, Juli 1877.)

L. RAGOSIN und M. MENDELSSOHN. *Graphische Untersuchungen über die Bewegungen des Gehirns beim lebenden Menschen.* (St-Petersburger medicinische Wochenschrift, 13 (25) Sept. 1880, p. 503.)

G. BURCKHARDT. *Ueber Gehirnbewegungen.* (Vortrag gehalten in der Sitzung vom 26 Februar 1881. Mittheilungen der Naturforscher Gesellschaft in Bern. 1881, p. 35.)

KARL MAYS. *Ueber die Bewegungen des menschlichen Gehirns.* (Virchow's Archiv. Bd. 88, Hft 1, 3 April 1882, p. 125. Ibid. Bd. 88, p. 599.)

E. SCIAMMANNA. *Fenomeni prodotti, etc.* (R. Acad. d. Lincei, XIII, 25 Juin 1882. Analyse dans Arch. ital. de Biologie, II, p. 444-446.)

MONDINI. *Sulla circolazione del Sangue nel cervello.* (Giorn. della R. Acad. di Medicina di Torino. Juli 1882.)

toires de la pression artérielle et de la pression trachéale, ou provoquer la concordance de ces deux phénomènes. Nous verrons le parti que l'on tire de ces faits pour étudier la forme exacte de la pulsation cérébrale d'origine cardiaque, et pour déterminer la part respective qui revient aux artères et aux veines de la cavité céphalo-rachidienne, dans la production des oscillations cardiaques et respiratoires du cerveau. Ces points ainsi que plusieurs autres n'avaient pas été abordés par Salathé. Comme on le fait généralement, lorsqu'il s'agit d'un travail de première orientation, portant sur un sujet nouveau, il s'en était tenu aux questions les plus générales, et n'avait pu s'arrêter à la minutie des détails. Il avait d'ailleurs éprouvé d'assez grandes difficultés dans l'inscription des mouvements du cerveau du chien, difficultés provenant probablement du peu de largeur du trou de trépan par lequel le cerveau devait agir sur l'appareil inscripteur (1).

(1) FRANÇOIS-FRANCK, sous les yeux duquel les expériences de Salathé ont été exécutées, insiste sur les difficultés éprouvées par ce dernier dans l'inscription des mouvements du cerveau du chien et du lapin. « Chez les animaux, l'inscription des mouvements du cerveau n'est point aussi facile (que chez l'homme), et cette difficulté relative tient à des conditions que de nombreuses expériences ont permis à M. Salathé de bien déterminer. On fait à un chien ou à un lapin l'ablation d'une rondelle osseuse sur le pariétal à l'aide d'une couronne de trépan; à la place de cette rondelle, on visse un tube métallique comme celui que Lorry et Ravina employèrent autrefois; dans le tube, dont le calibre doit être assez considérable (au moins de 7 à 8 millimètres de diamètre intérieur), on verse de l'eau jusqu'à une certaine hauteur. Si la dure-mère a été laissée intacte, les changements du niveau de l'eau contenue dans le tube, sont en général assez peu marqués et ne permettent guère de distinguer nettement, surtout sur le lapin, les petits battements en rapport avec l'action cardiaque; si la dure-mère a été enlevée dans le fond de la trépanation, les mouvements sont assez complets pour fournir un bon tracé, grâce à la transmission par l'air; mais bien souvent ce succès dure peu: le cerveau fait volontiers hernie à travers l'orifice de la trépanation, et les mouvements transmis, n'appartenant plus qu'à la petite masse de tissus étrangers, deviennent imperceptibles. On réduit alors la portion saillante, et, en mettant l'animal la tête en haut, on peut espérer obtenir encore pendant assez longtemps des courbes tout-à-fait satisfaisantes, etc. » p. 280. Journal de l'Anatomic et de la Physiologie, 1877.

Pour ma part, j'ai réalisé sur dix-sept chiens l'inscription des mouvements du cerveau au moyen d'un appareil des plus primitifs, sans avoir eu à lutter contre les accidents signalés par Salathé et François-Franck. Voici comment j'opère :

Un chien d'assez grande taille est anesthésié par le chlorhydrate de morphine (20 à 30 *ctg*) et le chloroforme, d'après la méthode de Claude Bernard. Il est fixé sur le ventre, dans la gouttière d'opération, le corps un peu incliné à droite. Après avoir incisé la peau et séparé à gauche la partie supérieure du muscle temporal de ses attaches crâniennes, on enlève au pariétal du même côté, au moyen du trépan, une

rondelle osseuse de vingt millimètres de diamètre. On divise la dure-mère dont on résèque les lambeaux : on aperçoit alors dans le fond, le cerveau animé de pulsations manifestes. L'hémorrhagie est parfois nulle : dans tous les cas, il suffit d'attendre quelques instants, en appliquant au besoin un petit fragment d'éponge sur le trou de trépan, pour voir l'écoulement du sang s'arrêter. Dans l'orifice circulaire ainsi obtenu, on fixe à frottement le petit appareil qui servira à transmettre les pulsations cérébrales (fig. 1). Cet appareil est formé d'un bout de tube de verre *T*, large de 16^{mm}, long de 47^{mm}. Son extrémité inférieure, destinée à s'enchasser hermétiquement dans le trou cylindrique du pariétal, est garnie extérieurement d'une lame de caoutchouc rouge *C* (anneau coupé dans un tube de caoutchouc). L'extrémité supérieure est fermée par un bouchon

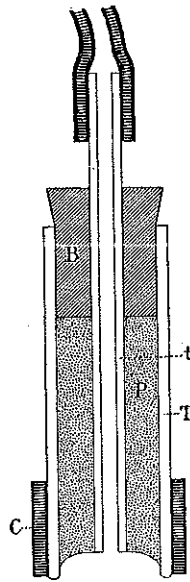


Fig. 1.

FIG 1. — Pléthysmographe cérébral. Coupe, grandeur naturelle.

T, tube de verre ; C, caoutchouc ; B, bouchon ; t, tube de verre relié supérieurement au tambour à levier ; P, paraffine remplissant l'espace nuisible de l'appareil.

de caoutchouc *B*, traversé par le tube étroit *t* qui le relie à un tambour à levier de Marey (petit modèle construit par Rothe de Prague). Pour diminuer l'espace nuisible de l'appareil et le rendre plus sensible, on remplit de paraffine fondue *P*, la plus grande partie du tube de verre *T*, en ne laissant libre que son extrémité inférieure, ainsi que l'étroit canal central formé par le tube qui fait communiquer l'intérieur du crâne avec le tambour à levier. Cet appareil est facile à construire avec les éléments que l'on trouve dans tout laboratoire. Si son diamètre inférieur correspond exactement à celui du trépan employé, il s'applique hermétiquement au trou du crâne, et peut être enlevé ou placé instantanément. Les principales différences qu'il présente avec le tube employé par Salathé (voir la description de l'appareil de Salathé à la note de la page 68) sont les suivantes : sa surface de section est beaucoup plus grande, il n'est pas vissé dans le crâne, mais fixé à frottement, en outre il n'est pas rempli d'eau.

La boîte crânienne, reliée comme il vient d'être dit au tambour à levier, constitue un véritable *pléthysmographe cérébral* ou appareil inscripteur des changements de volume du cerveau, (ou plutôt du contenu de la cavité céphalo-rachidienne). La plume de l'appareil monte ou descend suivant que l'afflux de sang par les artères dépasse l'écoulement par les veines, ou lui est inférieur. Il est essentiel de ne pas confondre, comme on le fait trop souvent, la courbe pléthysmographique du cerveau (ou de tout autre organe) avec la courbe sphygmographique des artères afférentes de l'organe. La courbe pléthysmographique du cerveau exprime à chaque instant la différence entre l'entrée et la sortie du sang de la cavité céphalo-rachidienne, elle ne correspond pas nécessairement aux variations pulsatiles dans le diamètre des vaisseaux artériels. Les pulsations des artères ne modifieront la courbe pléthysmographique, que si elles correspondent à des différences entre l'entrée et la sortie du sang. Si pour une raison quelconque, les pulsations des carotides et des vertébrales coïncidaient avec des pulsations semblables du courant sanguin

efférent, leur effet s'annulerait et la courbe pléthysmographique n'en porterait aucune trace. Il n'y a donc pas nécessairement identité entre le pouls des organes et celui des artères. Quant à vouloir chercher dans les différentes inflexions de la pulsation d'un organe, inscrite au moyen du pléthysmographe, la trace de la dilatation pulsatile successive des artères, des artéioles puis des capillaires de l'organe, comme l'ont fait différents physiologistes en renom, c'est à mon avis un véritable non sens (1).

Il doit être par conséquent bien entendu que le degré d'élévation du graphique au-dessus de l'abscisse à un moment donné, correspond au volume, au degré d'expansion du cerveau, c'est-à-dire à la quantité de sang contenue dans les vaisseaux de l'organe ou plus exactement dans la cavité qui loge l'organe. L'allure de la courbe, sa marche ascendante ou descendante correspond aux variations de ce volume, c'est-à-dire à la différence entre l'entrée et la sortie du sang de la cavité céphalo-rachidienne.

Le style du tambour à levier du pléthysmographe cérébral inscrit sa courbe sur le papier enfumé du kymographe de Ludwig; on prend également un tracé du temps (horloge à secondes, signal électrique inscrivant les centièmes de seconde), et s'il y a lieu un graphique de pression artérielle (sphygmoscope de Marey, manomètre à mercure de Ludwig), de choc du cœur ou de respiration (cardiographe, pneumographe, sonde œsophagienne).

Le cerveau du chien présente comme celui de l'homme trois sortes de mouvements périodiques correspondant respectivement aux battements du cœur, aux mouvements respiratoires et aux périodes vaso-motrices. Nous passerons successivement en revue les oscillations cérébrales d'origine cardiaque, respiratoire et vaso-motrice.

(1) Voir à ce sujet les réflexions très-judicieuses de Mays, p. 131 et suiv. de l'article cité précédemment. Voir aussi :

FICK. *Untersuchungen aus d. physiolog. Laborat. d. Züricher Hochschule.* Hft. I, p. 51 et suivantes.

CHAPITRE II.

PULSATIONS CÉRÉBRALES D'ORIGINE CARDIAQUE.

- § II. — *Analyse du graphique de la pulsation cérébrale.* — La pulsation cardiaque se propage au cerveau à la fois par les artères et par les veines. Le tracé du pouls cérébral montre des ondulations d'origine artérielle et des ondulations d'origine veineuse.
- § III. — *Ondulations artérielles du tracé cérébral.* — *a*, ondulation correspondant à la pulsation principale de la carotide, sur laquelle elle ne retarde que d'un centième de seconde. L'ondulation *a* peut se dédoubler et même se décomposer en trois sommets *a*, *a'*, *a''*. *d*, ondulation dirotte présentant son sommet 25 centièmes de seconde après *a*. *e*, ondulation élastique. Le début de la contraction ventriculaire avance de 10 centièmes de seconde environ sur le début de *a*.
- § IV. — *Ondulations veineuses du tracé cérébral.* — *v*, ondulation correspondant au pouls veineux positif des jugulaires et à la systole auriculaire. L'ondulation *v* persiste, tandis que les ondulations artérielles disparaissent, quand on provoque l'inertie des ventricules, les oreillettes continuant à battre. L'ondulation *v* se propage plus lentement que les ondulations artérielles *a* et *d*. La fin de la systole auriculaire et le début de l'ondée aortique sont séparés, au niveau du cœur, par un intervalle appréciable. Au niveau du cerveau, l'intervalle entre *v* et *a* a disparu, le début de la pulsation artérielle *a* a rattrapé la fin de la pulsation veineuse *v*. Importance très-variable de *v*. La pulsation *v* peut être précédée d'une partie ascendante du graphique, correspondant à la réplétion progressive de l'oreillette droite et des veines jugulaires et rachidiennes, pendant la diastole auriculaire. La pulsation dirotte *d* peut être suivie d'une dépression *n*, correspondant au pouls négatif des jugulaires.
- Le tracé cérébral représente une combinaison du tracé de la pulsation des jugulaires, avec celui de la pulsation des carotides. Réalité de la pulsation veineuse normale.
- § V. — *Pouls cérébral tricuspide.* — Le tracé cérébral présente au moins trois formes différentes de pouls tricuspide, chez le chien.
- La première forme de pouls tricuspide résulte du dédoublement de la pulsation principale *a*. Les trois sommets sont représentés par *a*, *a'* et *d*.
- La deuxième forme résulte de l'exagération de la pulsation veineuse *v*. Les trois sommets correspondent à *v*, *a* et *d*.
- La troisième forme résulte de l'exagération de l'ondulation élastique *e*. Les trois sommets correspondent à *a*, *d* et *e*.

§ II. — *Analyse du graphique de la pulsation cérébrale.* — Les oscillations les plus fréquentes du tracé cérébral, correspondent manifestement aux pulsations du cœur. Or, les communications anatomiques entre le cœur et la cavité céphalo-

rachidienne sont doubles : il y a la voie veineuse et la voie artérielle, par lesquelles les battements du cœur peuvent agir sur le cerveau. *A priori*, on peut donc concevoir une propagation de la pulsation de l'oreillette droite par les veines rachidiennes et cérébrales (pouls veineux), et une propagation de la systole du ventricule gauche par les artères (pouls artériel). Il est assez étrange que tous ceux qui se sont livrés à l'étude graphique du pouls cérébral dans ces derniers temps, aient complètement méconnu l'existence du facteur d'origine veineuse, et aient attribué le soulèvement cérébral d'origine cardiaque à la seule pulsation artérielle. Ils n'auraient sans doute pas commis cette erreur, s'ils avaient expérimenté sur le chien.

Les graphiques de pulsations cérébrales du chien, surtout ceux qui correspondent aux pulsations très rares de la phase d'expiration, permettent de discerner nettement une ou plusieurs ondulations d'origine artérielle (pouls artériel du cerveau), et une ou plusieurs ondulations d'origine veineuse (pouls veineux du cerveau). Les ondulations d'origine veineuse précèdent ou suivent immédiatement celles d'origine artérielle : pour les observer à l'état de pureté, il faut donc s'adresser à des graphiques où les pulsations d'origine artérielle sont espacées suffisamment pour permettre aux autres de s'intercaler dans leur intervalle (phase d'expiration). Si l'on s'adresse aux pulsations fréquentes de la phase d'inspiration, les oscillations veineuses qui précèdent ou suivent une pulsation artérielle, empiéteront plus ou moins sur les deux pulsations artérielles voisines, et il en résultera un tracé plus difficile à déchiffrer. Enfin si l'on opère sur un animal dont le rythme cardiaque est fort accéléré (atropine, saignée, fièvre, section des pneumogastriques), il sera impossible de discerner les pulsations veineuses du cerveau. Dans l'analyse que nous allons entreprendre du graphique de la pulsation cérébrale, nous passerons successivement en revue les ondulations d'origine artérielle et celles d'origine veineuse.

§ III. — *Ondulations artérielles du tracé cérébral.* — La forme de la pulsation cérébrale est des plus variée et diffère

montre un exemple de ce genre. On y reconnaît nettement la pulsation artérielle principale *a* et la pulsation secondaire ou dicrote *d*. Si l'on prend en même temps un graphique de pression carotidienne, on pourra s'assurer de la correspondance exacte des deux tracés. Le manomètre ordinaire à mercure ne peut servir ici pour enregistrer le pouls carotidien : l'inertie

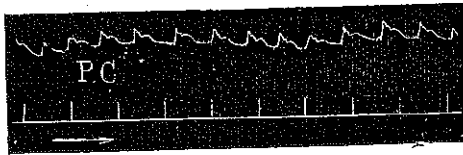


FIG. 3. — P.C. Pouls cérébral du chien semblable au pouls artériel. (Voir fig. 2 n° 2). Horloge à secondes.

de la masse de mercure en mouvement, déforme le graphique, et ne se prête pas à l'inscription instantanée. Après divers essais faits avec les manomètres élastiques de Fick, de Tatin

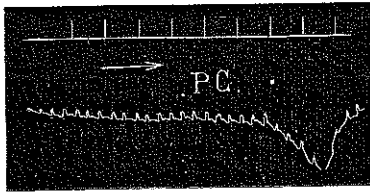


FIG. 4. — P.C. Pouls cérébral du chien très accéléré (atropine). Forme analogue à celle du pouls artériel. (Voir fig. 2 n° 4).

et avec le sphygmoscope de Marey, je me suis arrêté à l'emploi de ce dernier instrument. Les indications du sphygmoscope dont je me suis servi, m'ont paru irréprochables.

Le début de la pulsation cérébrale coïncide presque exactement avec le début de la pulsation carotidienne; le retard de la première sur la seconde ne dépasse guère un à deux centièmes de seconde. Aussi les repères des courbes cérébrales et artérielles paraissent coïncider absolument, si l'on a pris les

deux graphiques sur un cylindre animé d'une vitesse de rotation peu considérable. Pour déterminer exactement l'intervalle qui sépare les débuts des deux pulsations, il faut donner au cylindre enregistreur sa plus grande vitesse, et inscrire simultanément au moyen du signal Marcel Deprez un graphique du temps divisé en centièmes de seconde. A cet effet, le signal est intercalé dans un circuit électrique passant par un diapason de cent vibrations doubles par seconde. (Diapason de 100 V. D. de Verdin.)

Le début de la pulsation carotidienne, reporté sur le graphique cérébral, constitue un point de repère précieux, qui permet toujours de discerner sur ce dernier graphique, l'ondulation principale d'origine artérielle *a*. Cette ondulation principale *a* présente une ascension brusque, d'une durée fort

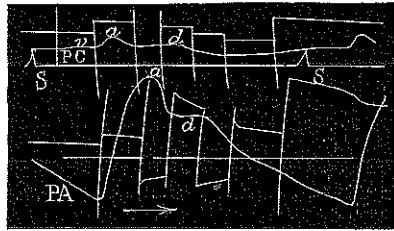


FIG. 5. — *Inscription simultanée du pouls cérébral, P C, du temps en secondes, S S, et du pouls artériel de la carotide, P A (sphygmoscope). v, pulsation cérébrale d'origine veineuse; a, pulsation artérielle principale; d, pulsation veineuse dicrote; de S en S, une seconde.*

courte; sa portion descendante au contraire est plus ou moins inclinée. Cette portion descendante pourra montrer les mêmes détails que ceux décrits par les auteurs sur le tracé sphygmographique du pouls artériel. Les nos 2 et 3 de la figure 2, nous en offrent des exemples. L'ondulation désignée par Moens et Heynsius et par Mosso par la lettre *S* s'y retrouve plus ou moins nettement. Dans certains cas, cette ondulation *S* dépasse en hauteur le premier sommet de *a*. Il en résulte que le pouls cérébral présente alors la forme à laquelle Mosso a donné le

nom de *Polso tricuspidale* ou pouls tricuspide. (Voir n° 1, fig. 19.) Enfin dans d'autres cas, l'ondulation *a* peut présenter trois sommets *a*, *a'*, *a''* (voir plus loin le pouls cérébral du jeune Erpicum, dans l'article sur les mouvements du cerveau de l'homme).

La position de l'ondulation dicrote *d* se détermine facilement sur le tracé du cerveau. En effet le sommet de cette onde se produit presque exactement un quart de seconde après le début de l'ondulation *a*. On retrouve donc facilement *d* en mesurant au compas, à partir du début de *a*, une longueur correspondant à 25 centièmes de seconde. L'ondulation dicrote *d* ne manque sur aucun des graphiques recueillis par moi : son importance par rapport à *a* est des plus variables. Sur la plupart des tracés, la pulsation dicrote *d* se trouve sur la ligne de descente du tracé, son sommet atteint par conséquent alors un niveau moins élevé que celui de *a*. (Voir fig. 2, n°s 1, 2, 3, 5 et 6). Dans quelques cas cependant, le rebondissement du pouls cérébral artériel est si marqué, que l'ondulation *d* atteint la hauteur de l'ondulation *a*. Le n° 4 de la figure 2 nous en montre un exemple. Le n° 3 de la figure 19 présente même une ondulation dicrote *d* dépassant notablement l'ondulation *a*. Il en résulte une forme spéciale de pouls tricuspide.

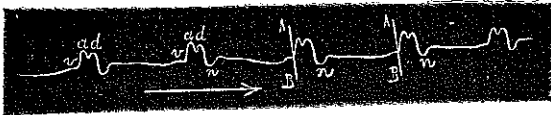


FIG. 6. — Forme de pouls cérébral du chien, présentant une ondulation dicrote *d* égale à l'ondulation principale *a*.
v, ondulation veineuse ; *n*, ondulation négative.
 A B, repère correspondant au début de la pulsation carotidienne.

Lorsque les pulsations sont fort lentes, on peut observer sur le graphique une ou plusieurs oscillations qui suivent l'ondulation *d*. Elles correspondent probablement aux oscillations artérielles dites élastiques. Elles sont désignées par la lettre *e* sur les tracés n° 3, 4 et 5 de la figure 2. L'ondulation élas-

tique est alors d'ordinaire séparée de l'ondulation dirotoe *d* par une dépression de la courbe, par une onde négative *n*, qui me paraît d'origine veineuse. Il en sera question plus loin.

Nous avons vu que le pouls cérébral retarde au plus d'un centième de seconde sur le pouls carotidien. Il est clair que le retard sera bien plus considérable, si l'on prend comme point de départ le début de la pulsation du ventricule gauche. Le retard atteint alors 10 (et même 12) centièmes de seconde.

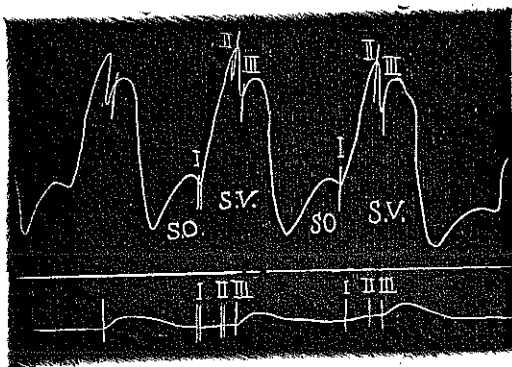


FIG. 7. — Retard du pouls cérébral sur le début de la systole ventriculaire. (Explorateur à coquille appliqué directement sur le cœur).
 En haut, tracé du ventricule. SO, systole de l'oreillette; SV, systole du ventricule.
 I à II, 6 centièmes de seconde; de II à III, 4 centièmes de seconde.
 En bas, tracé du cerveau, avec repères correspondant à ceux du tracé du ventricule.

Cette durée de 10 centièmes de seconde ne correspond pas toute entière au transport de l'onde artérielle du cœur au cerveau. En effet, il faut tenir compte du retard qui existe entre le début de la systole du ventricule, et la pénétration du sang dans l'aorte. Ce retard qui dans l'expérience de la figure 7 est égal à 6 centièmes de seconde, est employé par le ventricule à atteindre le degré de pression intérieure suffisant pour vaincre la pression du sang dans l'aorte. Le temps nécessaire à la propagation de l'onde artérielle du cœur à la base

du cerveau, serait donc de $10 - 6 = 4$ centièmes de seconde environ. En admettant que cette distance soit de 30 centimètres, cela nous donnerait une vitesse de 7^m50 par seconde pour la propagation de l'onde artérielle. Ce chiffre de vitesse ne s'éloigne pas beaucoup de ceux qui sont considérés comme classiques. Nous verrons que l'onde veineuse se propage plus lentement.

J'ai employé différents procédés, pour enregistrer la pulsation du ventricule gauche, et déterminer ainsi le retard du pouls cérébral. Le procédé le plus exact consiste à ouvrir la poitrine, et à appliquer directement sur le cœur l'explorateur à coquille de Marey, relié à un tambour à levier. C'est de cette façon qu'a été obtenu le tracé de la figure 7. J'ai effectué également l'inscription du choc du cœur au moyen du cardiographe appliqué à l'extérieur de la poitrine. La figure 8 en donne un exemple.

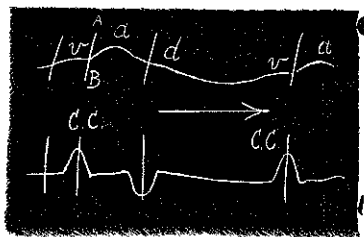


FIG. 8. — Retard du pouls cérébral sur le début du choc du cœur. v a d, tracé cérébral; v, pulsation veineuse; a et d, ondulations artérielles. A B, repère correspondant au début de la pulsation carotidienne. C C, choc du cœur.

Enfin dans quelques cas j'ai eu recours à l'emploi d'une sonde munie d'une ampoule exploratrice, poussée dans l'œsophage, jusqu'à l'entrée de la poitrine. La sonde œsophagienne est reliée à un tambour à levier, et trace une courbe dans laquelle on reconnaît les mouvements respiratoires ainsi que

les pulsations cardiaques. La figure 9 reproduit un de ces tracés.

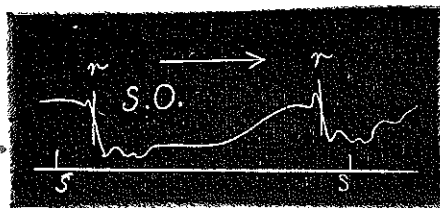


FIG. 9. — Tracé de la pulsation cardiaque obtenu au moyen d'une sonde œsophagienne reliée à un tambour à levier de Marey.
S O, tracé de la sonde œsophagienne. Le repère r correspond au début de la pulsation cérébrale.
S S, tracé de l'horloge à secondes.

§ IV. — *Ondulations veineuses du tracé cérébral.* — Lorsque les pulsations du cœur sont suffisamment lentes, le graphique cérébral montre toujours une ondulation plus ou moins marquée, précédant immédiatement la pulsation principale d'origine artérielle *a*. Cette ondulation est désignée par la lettre *v* sur la figure 2 et les suivantes. Comme le tracé du pouls carotidien ne montre aucun indice d'ondulation semblable, et qu'il présente au contraire sa partie la plus déclive à la place que devrait occuper cette saillie, il est clair qu'elle ne peut être d'origine artérielle. Si ce n'est pas par la voie artérielle que cette pulsation du cœur est transmise au cerveau, ce ne peut être que par la voie veineuse. Dans ce cas, la pulsation en question correspond à la propagation par les veines, du pouls positif dû à la systole de l'oreillette droite.

Une démonstration péremptoire de cette interprétation consisterait à supprimer toute communication veineuse entre la tête et la poitrine, sans interrompre la circulation artérielle : on devrait dans ce cas voir disparaître l'ondulation *v* d'origine veineuse, tandis que les ondulations *a* et *d* d'origine artérielle persisteraient. La ligature des jugulaires internes

et externes ne peut servir à résoudre la question; cette ligature ne supprime pas l'ondulation *v*, mais elle n'exerce que fort peu d'influence sur le tracé cérébral. Ceci nous prouve uniquement que les voies de retour ouvertes au sang veineux de la cavité céphalo-rachidienne, sont si larges et si nombreuses, que l'écoulement n'est pas sensiblement influencé par l'occlusion de quelques unes de ces voies.

Pour arrêter la circulation veineuse dans la tête, il faut lier ou comprimer la veine cave supérieure (veine cave *antérieure*, puisqu'il s'agit d'un quadrupède). J'ai exécuté cette opération au moyen d'un procédé nouveau qui sera décrit plus loin. Un crochet dont le manche se trouve en dehors de la poitrine, pénètre dans cette cavité et embrasse la circonférence de la veine cave. A un moment donné, on soulève brusquement le crochet, de manière à arrêter toute circulation veineuse et à accumuler le sang en amont de l'endroit comprimé. La circulation artérielle n'en est pas affectée immédiatement d'une façon notable; au début la pression baisse fort peu dans la carotide. En effet, le cœur reçoit encore tout l'afflux de la veine cave inférieure (veine cave *postérieure*), la circulation veineuse seule se trouve donc arrêtée dans la tête. Malheureusement l'expérience, exécutée de cette façon, ne fournit pas de graphiques de pulsations cérébrales utilisables pour la question qui nous occupe. Dès qu'on comprime la veine cave antérieure, le sang s'accumule avec rapidité dans la cavité céphalo-rachidienne, et la plume du pléthysmographe cérébral trace une courbe à ascension tellement raide, qu'il est impossible d'y discerner la présence ou l'absence de l'ondulation qui nous occupe. En outre les pulsations se marquent de moins en moins sur le tracé et deviennent irrégulières.

L'expérience inverse, consistant à supprimer l'action du ventricule gauche en conservant celle de l'oreillette droite, peut au contraire fournir la démonstration cherchée. Sur un chien dont la poitrine est ouverte et le cœur mis à nu, on excite mécaniquement ou électriquement la face antérieure des ventricules. Si l'excitation est suffisante, le cœur cesse de

battre; les muscles des ventricules ne sont cependant pas paralysés; on aperçoit sur toute leur surface, des contractions fibrillaires, oscillatoires, irrégulières, ne se groupant plus de manière à former de véritables pulsations. Dans ces conditions les valvules sigmoïdes de l'aorte restent fermées, et de nouvelles ondes sanguines ne viennent plus s'ajouter au contenu des artères : les pulsations de ces vaisseaux disparaissent. L'arrêt du cœur est définitif et l'animal ne tarde pas à mourir (1).

Le plus souvent, l'arrêt du cœur est total, d'autrefois les ventricules seuls cessent de battre, tandis que les pulsations des oreillettes persistent pendant plusieurs minutes. Alors se trouve réalisée la condition de la suppression de l'action du ventricule gauche, sans interruption des pulsations de l'oreillette droite. Dans ce cas, la cerveau continue à battre. A chaque systole auriculaire, le graphique cérébral montre une petite inflexion, entièrement semblable au soulèvement *v* des tracés de la figure 2. Seules les pulsations d'origine artérielle ont disparu. Cette expérience doit lever tous les doutes sur la possibilité de la propagation de la pulsation auriculaire jusqu'aux veines de la cavité céphalo-rachidienne.

On peut d'ailleurs démontrer d'une autre façon, la facilité avec laquelle les ondulations nées dans l'oreillette droite, influencent la courbe pléthysmographique du cerveau. On ouvre la poitrine chez un chien que l'on vient de sacrifier; le pléthysmographe cérébral est fixé dans le crâne. On comprime alors périodiquement l'oreillette droite entre les doigts, de

(1) Certaines parties du cœur sont extraordinairement sensibles à l'excitant électrique. Il m'est arrivé d'arrêter le cœur, et de tuer par conséquent l'animal, en employant des chocs d'induction tellement faibles (appareil à traineau de du Bois-Reymond), que les électrodes excitatrices appliquées au bout de la langue, provoquaient seulement une sensation de léger picotement nullement désagréable. On peut se demander, si dans certains cas, la mort qui survient chez l'homme ou les animaux, par l'action foudroyante de l'électricité à haute tension, n'est pas due à un arrêt du cœur produit de cette façon.

façon à imiter le jeu normal des systoles auriculaires. A chacune de ces systoles artificielles, correspond un léger soulèvement du cerveau.

La même expérience peut servir à déterminer la vitesse de l'onde veineuse dans son mouvement de translation du cœur au cerveau. On comprime l'oreillette droite, en appuyant brusquement contre sa paroi l'explorateur à coquille relié à un tambour à levier. La courbe de ce choc s'inscrit en dessous de celle du pléthysmographe cérébral, sur le cylindre animé de sa grande vitesse de rotation. On inscrit en même temps les centièmes de seconde et l'on prend des repères correspondant aux débuts des deux courbes. On constate alors un retard de 6 centièmes de seconde environ, entre le début de la pulsation auriculaire et le début de la pulsation cérébrale.

Cette vitesse est plus faible que celle de la propagation de l'ondée artérielle. L'examen raisonné des tracés pléthysmographiques du cerveau conduit d'ailleurs à la même conclusion. Sur ces tracés, la pulsation artérielle a suit la pulsation veineuse v sans intervalle appréciable. Or, au niveau du cœur, la systole ventriculaire se produit, il est vrai, immédiatement après la systole auriculaire; mais il n'en est pas de même de l'origine de l'ondée aortique. Celle-ci retarde, comme nous l'avons vu, de plusieurs centièmes de seconde sur le début de la systole ventriculaire et par conséquent sur la fin de la systole auriculaire. Les deux phénomènes, fin de la systole auriculaire et début de l'ondée artérielle, sont séparés au niveau du cœur par un intervalle appréciable. Au niveau du cerveau, l'intervalle a disparu, le début de la pulsation artérielle a rattrapé la fin de la pulsation veineuse. Ces deux pulsations ont donc cheminé avec des vitesses inégales.

Dans certains cas, la pulsation artérielle a arrive au cerveau avant la fin de v : v se combine alors en partie avec l'ascension initiale de a , le pouls cérébral devient anacrote.

L'importance de la pulsation v sur le graphique de pulsation du cerveau est des plus variables. J'ai déjà dit qu'on ne la retrouve pas quand les pulsations sont très-rapides (section

des pneumogastriques). Parfois c'est une ondulation peu marquée : dans ce cas le dessinateur chargé de reproduire le tracé omettra cette ondulation, à moins que son attention n'ait été spécialement dirigée sur ce point (fig. 10 et 11).

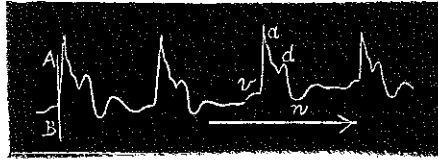


FIG. 10.

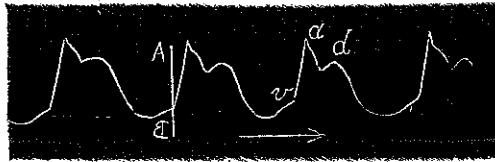


FIG. 11.

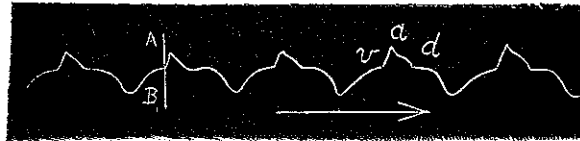


FIG. 12.

FIG. 10, 11, 12. — *Différentes formes de pouls cérébral du chien.*
 A B, repère correspondant au début de la pulsation carotidienne.
 v, oscillation veineuse correspondant à la systole auriculaire ;
 a, oscillation artérielle principale ;
 d, oscillation artérielle dicrote ;
 n, oscillation négative (d'origine veineuse ?).

D'autrefois son importance équivaut à celle de l'ondulation dicrote. Le sommet *a* se trouve alors encadré entre deux sommets analogues *v* et *d*. Il en résulte une variété de pouls tricuspide assez fréquente chez le chien. Je l'ai rencontrée

chez plus du quart des animaux sur lesquels j'ai expérimenté (fig. 12 et 13).



FIG. 13. — *Pouls cérébral tricuspide.*
 A B, repère correspondant au début de la pulsation carotidienne ;
 v, oscillation veineuse ;
 a, oscillation artérielle principale ;
 d, oscillation artérielle dicrote.

D'autrefois enfin l'ondulation *v* est la plus élevée, et le pouls cérébral simule un pouls artériel, tout en ayant une signification très-différente.



FIG. 14. — *Pouls cérébral du chien.*
 A B, repère correspondant au début de la pulsation carotidienne ;
 v, oscillation veineuse ;
 a, oscillation artérielle principale ;
 d, oscillation artérielle dicrote.

Dans ce cas, il faut absolument recourir à l'inscription simultanée du pouls carotidien, pour interpréter convenablement le pouls du cerveau. La figure 14 nous montre cette forme singulière, ainsi que la transition entre elle et la forme tricuspide.

Sur beaucoup de graphiques, l'ondulation veineuse *v* est précédée par une portion de courbe oblique, légèrement ascendante ; en d'autres termes le tracé cérébral après avoir présenté le rebondissement du dicrotisme (*d*) ne continue pas à décliner, mais atteint immédiatement son point le plus déclive ; de là il se relève pour monter graduellement jusqu'à *v*, au début de la pulsation suivante. Le n° 6 de la figure 2 et les

tracés des figures 12, 15, 19 (n° 2), 22 et 23, correspondant à des pulsations lentes, montrent plus ou moins bien le détail en question.

La signification de ce soulèvement n'est pas douteuse pour moi. Comme on ne saurait lui assigner une origine artérielle,

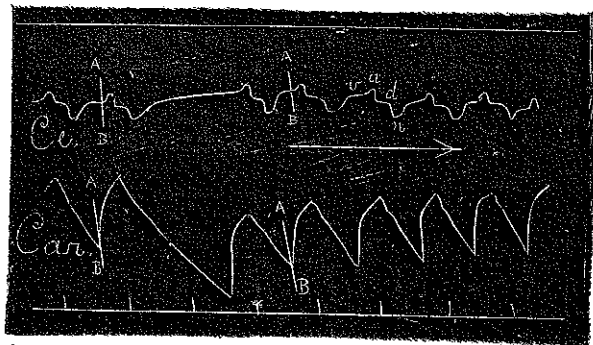


FIG. 15. — Pouls cérébral du chien présentant une ondulation négative n, (d'origine veineuse?) très marquée.

Ce. Tracé du cerveau. v, ondulation veineuse; a et d, oscillations artérielles; n, oscillation négative.

Car. Tracé de la carotide (ce dernier tracé n'a pas été reproduit très exactement).

A B, repère correspondant au début de la pulsation carotidienne.

c'est au pouls veineux qu'il faut attribuer sa production. L'ascension graduelle de la courbe dans l'intervalle entre deux pulsations, me paraît en rapport avec la réplétion progressive

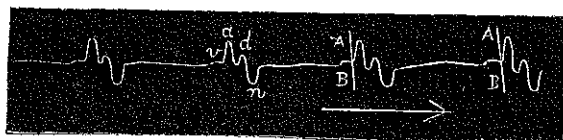


FIG. 16. — Pouls cérébral du chien.

v, ondulation veineuse;

a et d, ondulations artérielles;

n, ondulation négative.

A B, repère correspondant au début de la pulsation carotidienne.

de l'oreillette droite et des veines jugulaires et rachidiennes, pendant la diastole auriculaire. Le tracé du pouls veineux des

jugulaires présente la même portion ascendante, précédant immédiatement la systole de l'oreillette droite. (Voir plus loin figures 17 et 18.)

Il arrive assez souvent que la partie la plus déclive du tracé cérébral, c'est-à-dire celle qui suit immédiatement l'ondulation dicrote, présente une dépression plus ou moins brusque, un vrai pouls négatif *n*. (Voir fig. 2, n° 3, 4 et 5 entre *d* et *e*, et fig. 10, 15 et 16). C'est encore au pouls négatif des jugulaires qu'il faut l'attribuer, selon moi. Le pouls négatif des jugulaires survient après la systole du ventricule gauche : si l'on tient compte de la lenteur relative du transport des ondulations d'origine veineuse, la position de l'onde négative sur la courbe cérébrale correspond assez bien comme temps au début de la diastole ventriculaire.

Certains détails de la pulsation cérébrale sont par conséquent dûs à l'action du pouls veineux.

Cette affirmation aurait semblé paradoxale il y a quelques années à une époque où physiologistes et cliniciens étaient d'accord pour admettre avec Bamberger (1) et Geigel (2), que le pouls veineux est un phénomène pathologique, et qu'on l'observe uniquement dans les cas d'insuffisance tricuspide, ou tout au moins d'insuffisance des valvules veineuses. D'ailleurs beaucoup de cliniciens partagent encore aujourd'hui cette manière de voir.

Cependant Potain (3), Mosso (4), Riegel (5), François-Franck (6) ont démontré chez l'homme l'existence constante

(1) BAMBERGER. *Arch. f. pathol. Anatomie*, IX, 1856, p. 345.

(2) GEIGEL. *Würzburger medic. Zeitschrift*, 1863, p. 332.

(3) POTAIN. *Mém. soc. méd. des hôpitaux*, 1868.

(4) MOSSO. *Die Diagnostik des Pulses*. Leipzig, 1879.

(5) RIEGEL. *Berliner klinische Wochenschrift*, n° 18, 1881. — *Deutsches Archiv. für klinische Medicin*, XXXI, p. 1 et p. 471, 1882.

(6) FRANÇOIS-FRANCK. *Gazette hebdomadaire de médecine et de chirurgie*. Mai-Avril, 1882.

ou tout au moins très-fréquente du pouls veineux jugulaire, en dehors de toute lésion cardiaque ou vasculaire. Gottwalt (1) constata que les pulsations cardiaques se propagent normalement chez le chien et le lapin dans toutes les grosses veines qui aboutissent au cœur. Dans la jugulaire externe, il s'étend d'ordinaire jusqu'à la tête.

Mosso avait admis que le pouls veineux est purement négatif et consiste dans un affaissement des parois veineuses coïncidant avec la systole ventriculaire; il serait dû uniquement à l'augmentation du vide thoracique qui accompagne la déplétion du ventricule gauche. A ce moment le sang veineux est aspiré avec plus de force vers la poitrine, d'où affaissement de la jugulaire. Mosso attribue donc le pouls négatif de la jugulaire, à la même cause qui produit le mouvement dit *cardio-pneumatique*.

Les recherches récentes de Riegel, de Gottwalt et de François-Franck ont démontré l'inexactitude de cette explication exclusive. En effet, le pouls veineux se montre encore après l'ouverture de la poitrine, qui supprime et le vide thoracique et toute variation de ce vide. En outre le phénomène est plus complexe que ne le croyait Mosso. A chaque systole cardiaque, correspondent plusieurs soulèvements et affaissements successifs de la jugulaire. Il est bien entendu que les phases de soulèvement du pouls de la jugulaire, ne correspondent pas à des mouvements de véritable reflux du liquide sanguin, comme on pourrait être tenté de l'admettre à première vue. Il s'agit seulement d'arrêts momentanés ou de ralentissements dans l'écoulement du sang vers la poitrine. Ces variations dans la vitesse d'écoulement du sang vers le cœur, sont sous la dépendance directe des variations de pression qui se développent successivement dans l'intérieur de l'oreillette et du ventricule droits, à chaque révolution cardiaque.

(1) GOTTWALT. *Archiv. für die gesammte Physiologie*, XXV, p 1, 1882.

Riegel, Gottwalt et François-Franck sont d'accord pour admettre, que l'ondulation la plus marquée du pouls veineux, est un mouvement de soulèvement brusque, correspondant à la systole de l'oreillette droite; et que cette ondulation principale est suivie d'une longue période d'affaissement, interrompue par deux ou trois soulèvements peu importants; puis la courbe se relève graduellement pour se relier à la pulsation auriculaire suivante.

La figure 17 montre d'après François-Franck le schéma des rapports du pouls jugulaire normal avec les différents actes d'une révolution cardiaque.

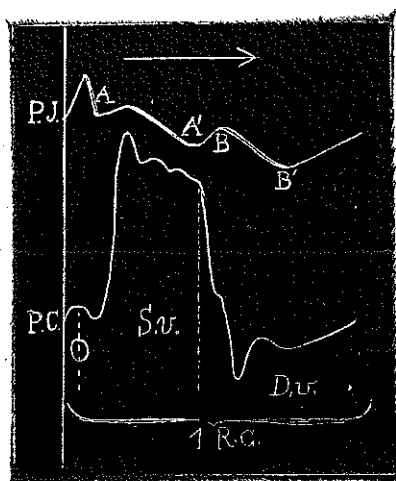


FIG. 17. — Schéma des rapports du pouls jugulaire normal P. J. avec les différents actes d'une révolution cardiaque complète P. C. (d'après François-Franck).

Un premier soulèvement veineux se produit en même temps que la systole de l'oreillette O. Le premier affaissement commence avec la diastole de l'oreillette et dure de A en A' sauf une légère interruption. Un second soulèvement A' peu important survient à la fin de la systole ventriculaire S. V. et est suivi d'un second affaissement B B' en rapport avec le début de la diastole ventriculaire D. V.

Le point B' le plus bas de la courbe veineuse P. J. se trouve donc après la fin de la systole ventriculaire.

Si nous combinons à présent le tracé fourni par la jugulaire avec celui de la carotide, nous obtiendrons précisément le

même tracé que celui du pléthysmographe cérébral. Le schéma de la figure 18 réalise cette combinaison. Ceci est un argument de plus en faveur de la thèse d'après laquelle la pulsation cérébrale résulte de la combinaison de la pulsation artérielle et de la pulsation veineuse.

Les variétés si nombreuses de pouls cérébral que nous avons rencontrées chez le chien, dépendent en grande partie de l'importance respective de l'influence veineuse et de l'influence artérielle. Cette importance respective est des plus variables d'un animal à l'autre. En outre la forme de la pulsation artérielle et celle de la pulsation veineuse varient notablement

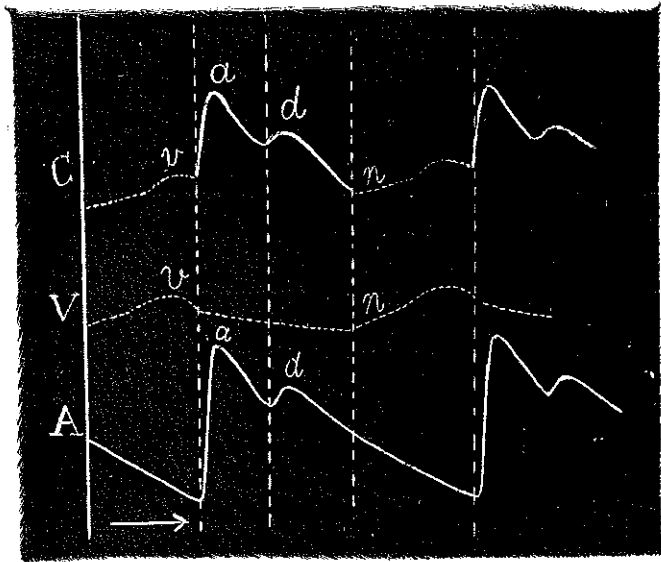


FIG. 18. — Analyse du tracé pléthysmographique du cerveau. Schéma des rapports du pouls cérébral C, avec le pouls veineux V et avec le pouls artériel A. Les éléments d'origine artérielle a et d sont figurés en traits pleins sur le graphique cérébral, C. Les éléments d'origine veineuse n et v sont figurés en pointillé.

V. Tracé de la veine jugulaire.

A. Tracé de l'artère carotide.

a, pulsation artérielle principale; d, pulsation dicrote; v, ondulation veineuse due à la systole auriculaire; n, pouls négatif veineux.

suivant les conditions physiologiques dans lesquelles se trouve le sujet de l'expérience. Il y a donc là un nouvel élément de diversité.

§ V. — *Pouls cérébral tricuspide*. — J'ai observé plusieurs fois la forme tricuspide de la pulsation cérébrale du chien, forme qui paraît si fréquente chez l'homme. En analysant

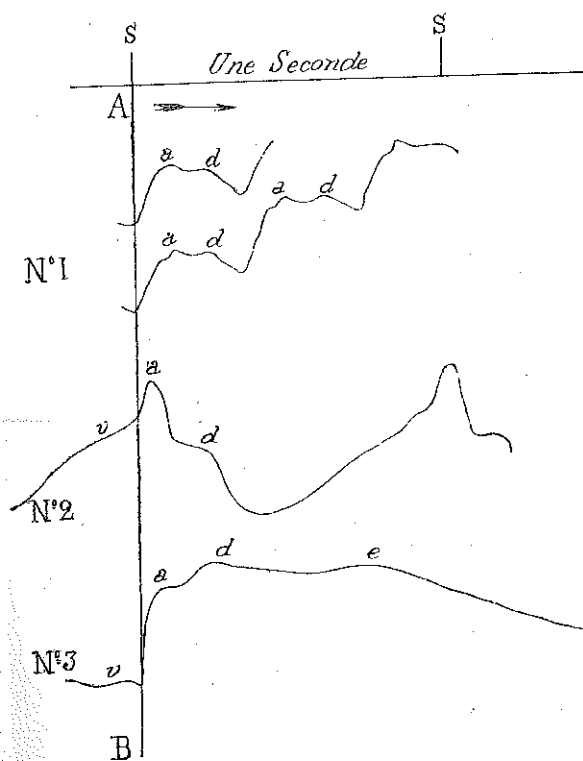


FIG. 19. — 1, 2, 3, Trois formes de pouls tricuspide. Pouls cérébral du chien.

Les différents graphiques sont dessinés à la chambre claire de Braun. Le grossissement a été choisi de manière que le graphique de temps qui se trouve en haut de la figure fût applicable à tous les tracés.

La ligne verticale A B correspond au début de la pulsation carotidienne.

a, pulsation principale d'origine artérielle.

d, ondulation dicrote.

e, ondulation élastique.

v, ondulation veineuse.

S en S, longueur correspondant à la durée d'une seconde.

soigneusement ces graphiques de pulsation tricuspide, au moyen de repères correspondant aux phases simultanées de la pulsation carotidienne, j'ai acquis la conviction que les différentes formes de pouls tricuspide du cerveau de chien ne sont nullement équivalentes. J'en ai distingué nettement trois.

Une première forme de pouls cérébral tricuspide provient du dédoublement de la pulsation principale d'origine artérielle *a*. Voir figure 19 n° 1 et figure 20. Les deux premiers

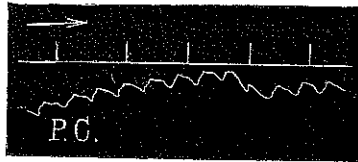


FIG. 20. — Pouls cérébral tricuspide de la première variété (voir n° 1, fig. 19). Pulsations accélérées par l'atropine. Horloge à secondes.

sommets appartiennent donc à *a*, le second atteignant un niveau plus élevé que le premier. La troisième dentelure du graphique correspond au dicrotisme carotidien *d*. La pulsation

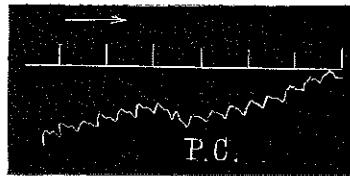


FIG. 21. — Passage du pouls cérébral dicrote au pouls tricuspide (à partir de P. C.). Empoisonnement par l'atropine. Horloge à secondes.

veineuse *v* ne se voit pas ici à cause de l'accélération des pulsations cardiaques. Je n'ai rencontré cette forme que chez un seul animal et seulement pendant quelques instants. La figure 21 montre le passage du pouls cérébral ordinaire à cette variété de pouls tricuspide.

La deuxième forme de pouls tricuspide, la plus fréquente des trois chez le chien, se produit par l'exagération de la pulsation d'origine veineuse v , ou du soulèvement graduel qui précède v . Les trois sommets de la pulsation sont respectivement représentés par v , a et d . (Voir figures 2 (nos 5 et 6), 8, 12, 13, 15, 19 (n° 2), 22 et 23).

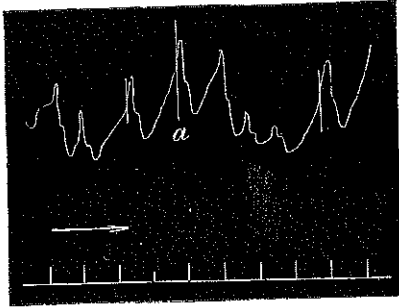


FIG. 22. — Pouls cérébral tricuspide de la 2^e variété. Le trait a correspond au début de la pulsation carotidienne. Voir figure 19 n° 2. Horloge à secondes.

Enfin une troisième variété de pouls tricuspide, résulte de l'exagération de l'oscillation élastique e , et du développement de l'oscillation diérote d . Les trois sommets de la pulsation

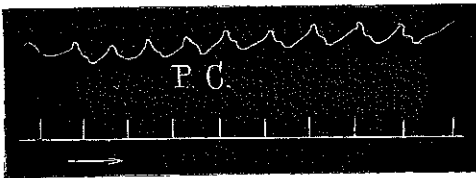


FIG. 23. — P. C. Pouls cérébral tricuspide de la 2^e variété. Voir figure 19 n° 2. Horloge à secondes.

correspondent respectivement à a , d et e . La pulsation d'origine veineuse v , peut être plus ou moins manifeste. J'ai

rencontré cette forme singulière chez deux chiens. (Voir figures 19 (n° 3), 24 et 25).

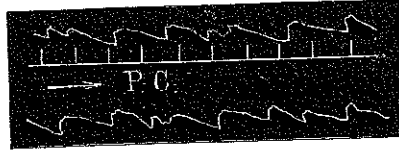


FIG. 24. — *Pouls cérébral tricuspide de la troisième variété. Secondes.*

NOTE. *Le graphique a été reproduit assez peu exactement.*

CHAPITRE III.

OSCILLATIONS RESPIRATOIRES DU TRACÉ CÉRÉBRAL.

§ VI. — L'affaissement inspiratoire du cerveau est dû principalement à l'aspiration veineuse vers le thorax. Chez le chien, l'influence artérielle tend à faire gonfler le cerveau pendant l'inspiration; cette influence est d'ordinaire masquée par celle des veines. Exception à cette règle. Empoisonnement par l'atropine, ouverture de la poitrine, respiration artificielle; la suppression brusque de l'aspiration thoracique fait monter le graphique cérébral.

§ VI. — On sait depuis longtemps que chez l'homme, le cerveau s'affaisse pendant l'inspiration et s'élève au contraire pendant l'expiration. Ces oscillations, peu marquées pendant la respiration paisible, s'accroissent davantage quand la respiration devient laborieuse. Chez l'homme, deux facteurs contribuent à produire l'affaissement du cerveau pendant la phase d'inspiration : ces deux facteurs sont la baisse de la pression artérielle et l'aspiration veineuse vers le thorax. Il est impossible de faire ici la part de chacun de ces facteurs et de déterminer leur importance relative.

Chez le chien au contraire, les conditions sont des plus favorables : la pression artérielle ne baisse pas, mais augmente pendant l'inspiration; l'influence artérielle doit donc tendre à faire gonfler le cerveau, alors que l'influence veineuse tend à l'affaiblir. En général c'est l'influence veineuse qui prédo-

mine, le graphique descendant à l'inspiration pour remonter à l'expiration. Cependant il peut arriver qu'exceptionnellement l'influence artérielle l'emporte et que le graphique cérébral monte à l'inspiration pour présenter son point le plus déclive à l'expiration. La figure 25 nous en montre un exemple.

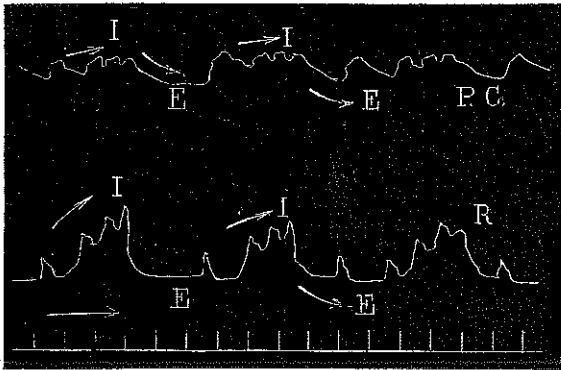


FIG. 25. — Ondulations respiratoires de la courbe pléthysmographique du cerveau.

Première ligne P. C. Tracé du pouls cérébral inscrit au moyen du pléthysmographe. La courbe monte à l'inspiration I, descend à l'expiration E, (par exception).

Deuxième ligne R. Tracé de la respiration fourni par un cardiographe inscrivant en même temps le choc du cœur. La courbe monte à l'inspiration I, descend à l'expiration E.

Troisième ligne. Tracé de l'horloge à secondes.

NOTE. Ne pas attacher d'importance aux petits détails de la courbe que le graveur a reproduit peu exactement. L'ondulation e a notamment été omise.

J'ai montré dans un travail précédent⁽¹⁾ que l'ascension inspiratoire de la pression artérielle était due chez le chien à l'accélération du rythme cardiaque qui se produit pendant cette phase de la respiration. J'ai signalé dans l'empoisonnement par l'atropine un moyen de modifier à volonté la marche

(1) *Archives de Biologie*, vol. III, p. 53, 1882.

de la pression sanguine, et de faire baisser cette pression pendant l'inspiration. Si l'on inscrit un graphique cérébral pendant l'empoisonnement par l'atropine, on constatera que cette fois, le cerveau s'affaisse régulièrement et notablement à chaque inspiration. C'est qu'ici les deux facteurs à considérer, la pression artérielle et l'aspiration veineuse, accumulent leurs effets au lieu de se contrarier mutuellement.

La section des pneumogastriques, la saignée ou la fièvre produisent le même effet.

Dans une de mes expériences d'empoisonnement par l'atropine, les oscillations respiratoires disparurent complètement du tracé de la pression artérielle. Le tracé pléthysmographique du cerveau les montre au contraire de la façon la plus manifeste (voir fig. 26). Ici les variations respiratoires sont uniquement

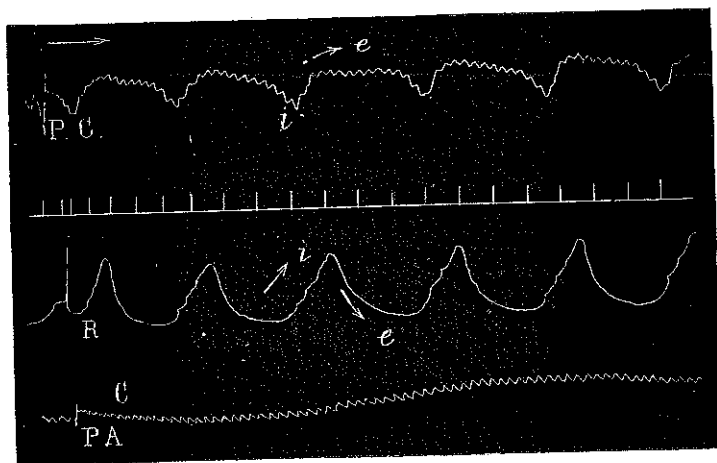


FIG. 26. — Ondulations respiratoires du tracé pléthysmographique du cerveau chez un chien empoisonné par l'atropine.
 Première ligne. P. C. Tracé des pulsations cérébrales. La courbe descend à l'inspiration *i*, pour remonter à l'expiration *e*.
 Deuxième ligne. Tracé de l'horloge à secondes.
 Troisième ligne. R. Tracé respiratoire inscrit au moyen du cardiographe. La courbe monte à l'inspiration *i*, descend à l'expiration *e*.
 Quatrième ligne. P. A. C. Tracé de pression artérielle (carotide gauche) inscrit au moyen du manomètre à mercure de Ludwig. Les oscillations respiratoires sont par exception défaut sur ce tracé.

d'origine veineuse et dues à l'exagération de l'aspiration thoracique.

C'est bien par suite des variations dans la valeur de la pression intra-thoracique que les mouvements respiratoires produisent les oscillations cérébrales dont nous nous occupons. Si l'on ouvre largement la poitrine de manière à supprimer l'influence aspiratrice que l'inspiration exerce sur la circulation veineuse, on n'observe plus l'affaissement du tracé cérébral pendant cette phase de la respiration. Tout au contraire, le tracé se relève plutôt légèrement à chaque contraction du diaphragme exécutée par l'animal. Il est probable que la contraction des muscles inspiratoires provoque alors la compression de quelque veine communiquant avec la cavité céphalo-rachidienne.

Si l'on pratique la respiration artificielle, la poitrine étant fermée, on voit le cerveau se soulever à chaque insufflation pour s'affaisser dans l'intervalle entre deux insufflations, comme l'ont montré les expériences de Salathé, Mosso, etc. J'ai constaté qu'il en est de même lorsque la poitrine a été largement ouverte, le cerveau se soulève également à chaque insufflation.

Tout effort de l'animal et en général tout obstacle à la circulation de retour de la cavité céphalo-rachidienne, provoque également l'ascension de la courbe cérébrale. J'ai déjà signalé les effets de la compression de la veine cave supérieure.

La suppression brusque de l'aspiration thoracique par ouverture de la poitrine, fait instantanément monter le tracé cérébral. Cette expérience donne les résultats les plus nets, quand on la pratique au moyen du procédé d'ouverture et de fermeture du thorax que j'ai imaginé et qui sera décrit dans un autre article. Ce procédé opératoire consiste à ouvrir largement le thorax, au moyen d'une incision unique, linéaire, pratiquée longitudinalement sur un des côtés de la poitrine. On entretient la respiration tant que la poitrine est ouverte. On rétablit ensuite le vide pleural, en insufflant brusquement les poumons, et en rabattant vivement l'un sur l'autre, les

deux lambeaux musculo-osseux qui constituent les lèvres de la plaie; et par dessus, les deux lambeaux cutanés. On réunit ces derniers au moyen de quelques pinces à pression. De cette façon, les organes thoraciques se retrouvent placés dans des conditions mécaniques très-analogues à celles d'avant l'ouverture de la poitrine; l'animal se remet spontanément à respirer avec son rythme habituel; la pression artérielle, les battements du cœur reprennent également leur valeur et leur allure premières. Sur un chien préparé de cette façon, on ouvre et l'on ferme la poitrine, comme on le ferait d'une boîte dont on soulève ou replace à volonté le couvercle. Chaque fois que l'on ouvre la poitrine, on voit le graphique cérébral présenter une brusque ascension.

CHAPITRE IV.

ONDULATIONS VASO-MOTRICES DU CERVEAU.

§ VII. — Les oscillations cérébrales dues à la respiration peuvent se grouper en larges ondulations d'une durée plus longue (5 à 2 par minute). On les attribue généralement au resserrement et au relâchement périodique des petits vaisseaux, se traduisant par un retrait ou une dilatation du cerveau. Ce n'est que tout à fait incidemment que je me suis occupé de ces ondulations. Dans certains cas, j'ai observé des variations périodiques du rythme respiratoire coïncidant avec les ondulations vaso-motrices. La figure 27 en donne un bel exemple.

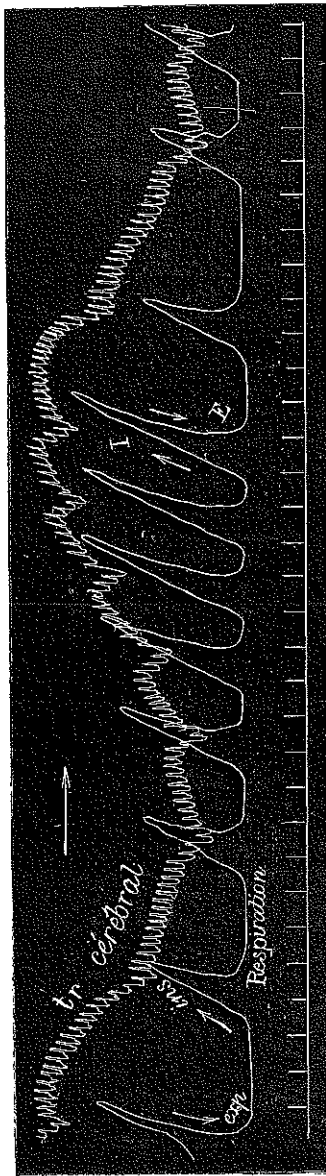


FIG. 27. — Larges ondulations (5 par minute environ) du tracé cérébral chez un chien empoisonné par la morphine et l'atropine et ayant subi une forte hémorragie. La courbe monte à l'inspiration, redescend à l'expiration. Le rythme de la respiration montre une périodicité spéciale, correspondant aux courbes vaso-motrices. Horloge à secondes.

APPENDICE.

§ VIII. — Les pulsations cérébrales dont nous avons obtenu le tracé chez le chien, en forant un trou de trépan dans le pariétal, celles qui s'observent chez l'homme à travers les pertes accidentelles de substance des os du crâne, ou sur les fontanelles des jeunes enfants, ces pulsations existent-elles également lorsque le cerveau est renfermé dans une boîte crânienne complètement ossifiée et intacte, comme c'est le cas chez l'adulte? Cette question a soulevé un grand nombre de discussions : la réponse que lui font actuellement la plupart des physiologistes, est nettement affirmative. La difficulté provenait de ce que l'on assimilait le crâne à une capsule fermée, à contenu incompressible et à parois rigides et inextensibles (théorie de Monro, Kellie, Abercrombie). Dans de telles conditions, les variations dans le contenu sanguin du cerveau devenaient incompréhensibles. Mais le crâne n'est pas fermé de toutes parts, il se continue par le trou vertébral avec le canal rachidien, dont les parois offrent des solutions de continuité (trous de conjugaison et autres), bouchées par des membranes extensibles. La cavité céphalo-rachidienne communique en outre avec l'extérieur par les orifices béants des veines qui en sortent. A chaque pulsation artérielle, l'ondée sanguine qui pénètre dans le crâne déplacera une certaine quantité de liquide céphalo-rachidien, dans la direction du canal rachidien, et une certaine quantité de sang veineux, qui sera expulsé en dehors de la cavité céphalo-rachidienne. Dans l'intervalle entre les pulsations artérielles, le liquide céphalo-rachidien refluera vers la cavité crânienne. Suivant l'expression de Richet, le canal rachidien doit être regardé comme le tuyau d'échappement, au moyen duquel s'effectuent ces oscillations antagonistes du sang et du liquide céphalo-rachidien.

G. Burckhardt a récemment cherché à démontrer que le liquide des ventricules du cerveau devait participer à ce mouvement de flux et de reflux. Voici à peu près la substance de son raisonnement. A l'état normal, la périphérie du cerveau se trouve (au moins en haut et sur les côtés) en contact assez intime avec les parois crâniennes. Au moment de la pénétration de l'ondée sanguine artérielle,

le tissu du cerveau, appuyé partout contre la paroi osseuse rigide, ne peut se dilater vers la périphérie. Son mouvement d'expansion doit s'exécuter en grande partie concentriquement, c'est-à-dire aux dépens de la cavité des ventricules latéraux. Le liquide des ventricules latéraux est alors refoulé dans la direction du 4^{me} ventricule. Les recherches de Schwalbe, d'Axel Key et de Retzius nous ont appris que le 4^{me} ventricule communique avec les citernes sous-arachnoïdiennes, par le trou de Magendie et par deux ouvertures latérales. Mais ces orifices sont trop petits pour permettre le passage rapide d'une quantité notable de liquide. Il est bien plus probable que le liquide chassé des ventricules latéraux vient distendre le 4^{me} ventricule dont les parois assez peu épaisses s'écartent et bombent vers l'extérieur. La protubérance et la moelle allongée gonfleraient donc et refouleraient le liquide des espaces sous-arachnoïdiens de la base, du côté de la moindre résistance, c'est-à-dire du côté du canal rachidien.

Constantin Paul a récemment (1884) développé une idée analogue, devant l'académie de médecine de Paris, lors du débat sur les déplacements de la masse cérébrale à l'intérieur du crâne.

Je ne vois pas la nécessité d'adopter un si long détour pour effectuer la transmission de la pulsation artérielle au liquide des citernes lymphatiques de la base du crâne. D'ailleurs la question doit être posée un peu différemment. Nous n'avons en effet à nous occuper que du moment où l'ondée sanguine artérielle pénètre à l'intérieur du crâne par les carotides et les vertébrales. Cette pénétration ne peut se faire que si une quantité équivalente de liquide céphalo-rachidien et de sang veineux est à ce moment refoulée brusquement au dehors de la cavité crânienne (bien avant que le sang n'ait pénétré dans la substance cérébrale). Grâce à la situation des orifices d'entrée des carotides et des vertébrales, la poussée artérielle doit se transmettre presque directement au liquide des citernes de la base du crâne et au sang veineux, et chasser ces liquides hors du crâne par le trou vertébral et par les jugulaires internes. Une fois le sang artériel entré dans la cavité crânienne, sa progression dans les artères, et le gonflement successif des différentes parties du cerveau qui en résultera, ne modifient plus le volume du contenu crânien, et ne nécessitent par conséquent plus de déplacement du liquide céphalo-rachidien au dehors du crâne. En d'autres termes ce n'est que l'arrivée d'une parcelle de sang dans la cavité crânienne,

ou sa sortie, qui doit entrer en ligne de compte ici, et qui peut provoquer le flux ou le reflux d'une parcelle de liquide céphalo-rachidien. Une fois que la parcelle de sang a pénétré dans le crâne, son déplacement à l'intérieur du cerveau, son transport par les artères, les capillaires et les veines, ne modifie plus en rien la pression du milieu intra-crânien.
