

LE TÉLÉCARDIOGRAMME,

par W. EINTHOVEN ⁽¹⁾

(34 fig., 1 pl.)

(Institut de physiologie. Leyde)

Messieurs,

L'EXAMEN des phénomènes, dont nous allons nous occuper aujourd'hui, repose sur l'emploi d'un instrument de mesure électrique, le galvanomètre à corde ⁽²⁾.

Cet instrument consiste essentiellement en un mince fil de quartz argenté (α α_1 , fig. 1), tendu comme une corde de violon dans un champ magnétique très intense, formé entre les pièces polaires \mathcal{P} \mathcal{P}_1 d'un électro-aimant. Dès qu'un courant électrique est lancé à travers la corde, cette dernière subit un écart dans un sens perpendiculaire aux lignes de force, et la grandeur de cet écart est proportionnelle à l'intensité du courant.

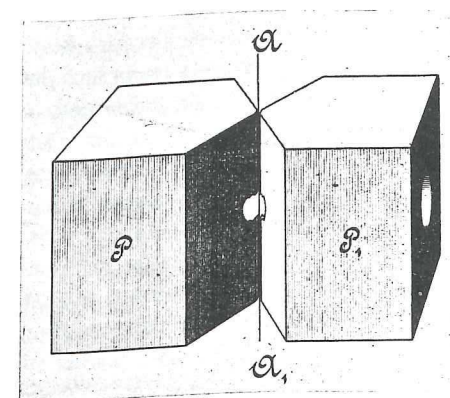


FIG. 1.

Pour permettre l'observation de cet écart, les pièces polaires sont percées

⁽¹⁾ Rédigé d'après deux conférences faites, l'une le 20 mai 1905 à l'Assemblée générale de la Société hollandaise des Sciences (voir le programme pour l'année 1905), l'autre le 7 novembre de la même année, à Amsterdam, à une réunion de la Société de physique, de médecine et de chirurgie (Genootschap voor natuur-, genees- en heilkunde).

⁽²⁾ Pour les détails, voir *Arch. néerl. des sc. exact. et nat.* 1901 (2), VI, 625; 1904, IX, 186; 1905, X, 137; 1905, X, 414. Voir aussi *Annalen der Physik*, 1903-1905 et *Onderzoekingen physiol. laborat. Leiden*, 2^e Reeks.

chacune d'une ouverture, par où passe un microscope; l'un des deux microscopes (\mathcal{M}_2 , fig. 2) sert à concentrer la lumière sur le fil de quartz, tandis que

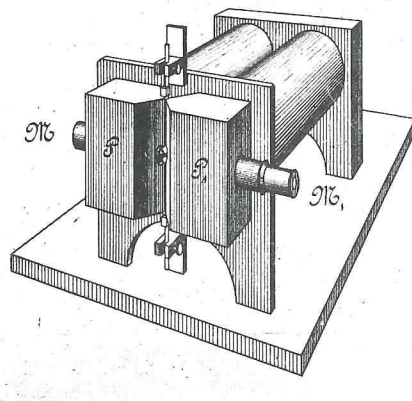


FIG. 2.

l'autre (\mathcal{M}_1) fournit une image fortement grossie du fil. Cette image, verticale comme le fil lui-même, est tournée de 90° autour de la ligne de foi du microscope de projection, au moyen d'un prisme de verre, taillé spécialement dans ce but; l'image prend ainsi une position horizontale. Elle est projetée sur un écran présentant une fente verticale, derrière laquelle une plaque photographique se meut avec

une vitesse uniforme dans une direction horizontale. Le mince faisceau lumineux qui traverse la fente est rendu plus net encore par une lentille cylindrique, convenablement placée, qui projette sur la plaque une raie lumineuse, large de 0.05 mm. et haute de 50 mm. Cette raie est interrompue par un espace obscur, dont la hauteur, correspondant à la largeur de l'image de la corde, atteint 1.5 à 2 mm. Cet espace obscur, en se déplaçant vers le haut ou vers le bas, décrit les tracés que l'on veut obtenir et dont la netteté laisse fort peu à désirer, comme on peut en juger par les reproductions ci-jointes (1).

Mieux que tout autre instrument, le galvanomètre à corde nous permet d'étudier les phénomènes électriques du cœur humain. Le cœur, battant dans notre corps, développe à chaque contraction un courant électrique, qui est conduit vers toutes les parties de notre organisme, par ex. vers nos mains et vers nos pieds. Il suffit de raccorder le galvanomètre avec les deux mains, ou avec une main et un pied d'une personne, pour observer un écart de la corde à chaque battement du cœur.

(1) Les figures ont été reproduites par la photographie. Comme il est évident qu'au point vue de la finesse elles ne sauraient concourir avec les photographies originales, je donnerai volontiers des épreuves positives de ces dernières à quiconque m'en exprimera le désir.

On voit dans la fig. 3 une reproduction d'une courbe qui a été tracée par la corde, pendant que le galvanomètre était mis en communication avec les deux mains d'une personne. Cette courbe, qui est l'expression exacte du mouvement électrique dans le cœur et qui peut nous donner des renseignements sur la façon dont cet organe travaille, a reçu le nom d'*électrocardiogramme* (1).

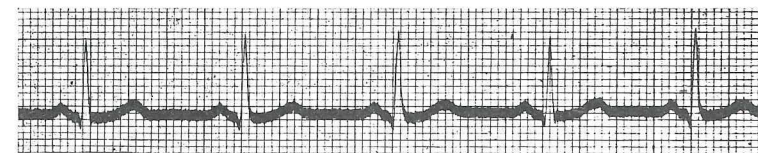


FIG. 3.

v. D. W. — Dérivation de la main droite à la main gauche.

Dans cette figure, l'électrocardiogramme est représenté dans un système de coordonnées (2), consistant en un réseau de millimètres carrés. Les traits horizontaux, ou abscisses, s'obtiennent en plaçant en avant de la plaque photographique, et tout près de celle-ci, une échelle en verre verticale, divisée en millimètres, de sorte que les ombres nettes des traits de division tombent sur la plaque; tandis que les traits verticaux, ou ordonnées, s'obtiennent par une espèce de roue, tournant d'un mouvement uniforme, dont les rayons interceptent par intermittences la lumière qui tombe sur la plaque. Dans nos photographies il est toujours fait en sorte que la distance des ordonnées soit à peu près la même que la distance des abscisses. De cinq en cinq les traits sont rendus un peu plus gros. Cette dernière particularité du système de coordonnées s'obtient aisément en renforçant quelque peu, de cinq en cinq, les traits sur l'échelle de verre disposée devant la plaque; de même les rayons du disque tournant sont rendus un peu plus épais de cinq en cinq.

(1) Les courants électriques accompagnant les battements d'un cœur de grenouille ont été démontrés pour la première fois par A. KÖLLIKER et H. MÜLLER; pour le cœur humain ils ont été montrés pour la première fois par AUG. D. WALLER. Pour de plus amples détails relatifs à la bibliographie ancienne, je renvoie à la dissertation de W. T. DE VOGEL, Leyden, 1893. On trouve des publications plus récentes dans *Archiv f. d. ges. Physiol.* 1895, 1900 et 1903, et dans *Onderzoekingen physiol. laborat. Leiden*, 2^e Reeks.

(2) Voir S. GARTEN, *Abhandl. d. k. Sächs. Gesellsch. d. Wissensch. zu Leipzig, Math. phys. Kl.* 1901, XXVI, n° 5.

Dans la fig. 3 un mm. en abscisse correspond à 0.04 sec., et un mm. en ordonnée représente une différence de potentiel de 10^{-4} volts entre les pôles du galvanomètre ⁽¹⁾.

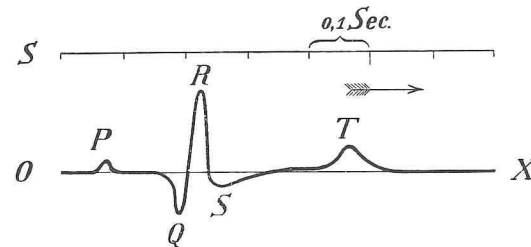


FIG. 4.

Afin de pouvoir discuter aisément la forme de l'électrocardiogramme, je représenterai par des lettres les divers sommets de la courbe. Dans la figure schématique fig. 4, nous distinguons les cinq sommets *P*, *Q*, *R*, *S* et *T*. Le premier sommet *P* correspond seul à la contraction des oreillettes, tandis que les quatre sommets suivants représentent le mouvement électrique produit par la systole des ventricules. Ces sommets peuvent différer assez notablement quant à la forme et à la hauteur, tant suivant le sujet examiné que suivant les endroits d'où dérive le courant.

Nous reproduirons maintenant quatre électrocardiogrammes, pris successivement chez une même personne, mais dans quatre circonstances différentes de dérivation du courant. Pour rendre comparables entr'elles les courbes ainsi obtenues, il a été fait en sorte que la partie du corps qui prend le potentiel de la base du cœur ou du cœur droit fût toujours reliée au même pôle du galvanomètre, et à l'autre pôle la partie du corps qui prend le potentiel de la pointe du cœur, ou du cœur gauche. Quand la première partie prend passagèrement une charge négative par rapport à l'autre il se forme dans l'électrocardiogramme un sommet dirigé vers le haut.

La vitesse du mouvement de la plaque photographique et la sensibilité du galvanomètre sont réglées de telle manière que, dans toutes les épreuves 1 mm. en abscisse correspond à 0.04 sec. et 1 mm. en ordonnée à une différence de potentiel de 0.1 millivolt.

⁽¹⁾ Sauf indication contraire, il en est de même pour toutes les autres figures.

Dans la fig. 5 j'ai reproduit le premier des quatre électrocardiogrammes; le courant venait des deux mains. Au premier coup d'œil, la fig. 5 ressemble à l'électrocardiogramme de la fig. 3; mais ils proviennent de personnes différentes, et, en y regardant de près, on reconnaît facilement des différences

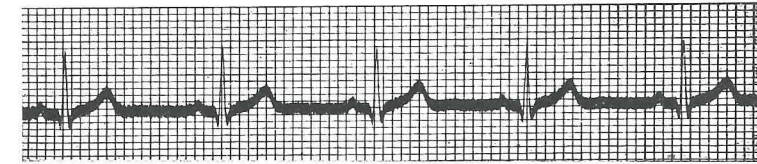


FIG. 5.

M. — Dérivation de la main droite à la main gauche.

entre les deux cardiogrammes. Ainsi p. ex. le sommet *T*, comparé au sommet *R*, est nettement plus haut dans la fig. 5 que dans la fig. 3; dans la fig. 5 surtout, le sommet *S*, dirigé vers le bas, s'abaisse plus loin au-dessous de la position d'équilibre et il est beaucoup plus net que dans la fig. 3. En somme, avec un peu d'exercice, l'analyse quelque peu détaillée des courbes permet de distinguer les personnes par la forme de leur électrocardiogramme.

Je ne puis manquer d'attirer ici l'attention sur une particularité qui paraît se présenter dans tous les électrocardiogrammes, savoir, que dans le dernier sommet *T* la branche ascendante est moins abrupte que la branche descendante. Un sommet d'une telle forme ne s'observe ni dans un sphygmogramme, ni dans un myogramme, ni même, pour autant que je sache, dans aucune autre courbe physiologique.

Quand on obtient le courant en reliant les deux mains, la hauteur des divers sommets est assez grande. Par contre, quand on relie le galvanomètre aux deux pieds, les sommets sont beaucoup moins prononcés, comme on pouvait s'y attendre d'ailleurs. La fig. 6 prouve qu'on n'observe plus alors que deux sommets, dont l'un atteint une hauteur de 0.9 mm., et l'autre, à peine sensible, 0.1 mm.



FIG. 6.

M. — Dérivation du pied droit au pied gauche.

Dans la troisième manière de dériver le courant, nous faisons usage de la

main droite et du pied gauche. La fig. 7 représente l'électrocardiogramme obtenu dans ces conditions. En général les sommets sont plus élevés que dans la dérivation par les deux mains, et c'est de cette façon que l'on obtient d'ordinaire les plus belles courbes.

Une quatrième dérivation s'obtient en reliant le galvanomètre à la main gauche et au pied gauche. Dans ces conditions, les écarts sont généralement



FIG. 7.

M. — Dérivation de la main droite au pied gauche.

plus petits, comme on peut le voir sur la fig. 8; mais ce qu'il y a de plus frappant c'est que la hauteur relative des divers sommets est modifiée. Le sommet *S* s'abaisse plus loin, tandis que le dernier sommet *T* a diminué dans une plus forte mesure que les autres. On peut même constater dans les électrocardiogrammes de plus d'une personne que le sommet *T* a totalement disparu ou est devenu négatif.

Une fois que l'on connaît les courbes obtenues 1° en reliant la main droite à la main gauche, 2° en reliant la main droite au pied gauche, il doit être possible de déduire de ces deux-là la courbe résultant d'une dérivation par la main gauche et le pied gauche. Ce calcul, qui est utile non seulement pour le contrôle de la précision des tracés, mais encore pour l'identification des

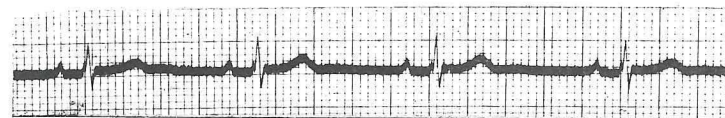


FIG. 8.

M. — Dérivation de la main gauche au pied gauche.

sommets qui ont été représentés par la même lettre dans les diverses courbes, sera traité bientôt, j'espère, dans la dissertation d'un de mes élèves. On y

verra que les sommets de même nom ne sont pas absolument identiques, et que les écarts nous permettent de nous faire une idée de la façon dont les sommets prennent naissance.

Pour effectuer le calcul, nous nous servons de courbes enregistrées avec

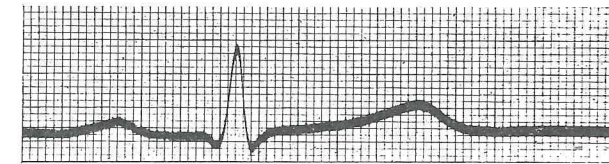


FIG. 9.

M. — Dérivation de la main droite au pied gauche.
Absc. 1 mm. = 0,01 sec.; ordon. 1 mm. = 10^{-4} volts.

une vitesse du tableau d'enregistrement quatre fois plus grande. La fig. 9 représente une pareille courbe. Elle a été fournie par la même personne qui a donné les quatre électrocardiogrammes précédents, en reliant la main droite au pied gauche. Ici encore 1 mm. en ordonnée correspond à 10^{-4} volts, mais 1 mm. en abscisse correspond maintenant à 0.01 sec. La distance des sommets *Q*, *R* et *S* est assez grande pour qu'il soit possible de déterminer avec une précision suffisante le moment exact de leur apparition.

La vitesse plus grande, dont la surface d'enregistrement est animée, nous permet aussi de mieux étudier la forme de chaque sommet en particulier. J'attire spécialement l'attention sur le relèvement accompagnant la contraction

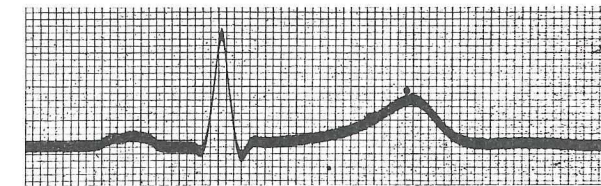


FIG. 10.

Th. — Dérivation de la main droite au pied gauche.
Absc. 1 mm. = 0.01 sec.; ordon. 1 mm. = 10^{-4} volts.

des oreillettes; ce sommet est ici bien accusé, ainsi que cela s'observe très souvent. Par contre, dans la fig. 10, qui représente l'électrocardiogramme

d'une autre personne, mais pris dans des conditions absolument les mêmes d'ailleurs, le sommet des oreillettes présente un plateau où l'on remarque encore une petite dépression.

On peut naturellement s'attendre à ce qu'un cœur malade trace un électrocardiogramme d'une autre forme qu'un cœur sain. Cette prévision a été directement confirmée par quelques observations préliminaires, faites dans mon laboratoire. Mais le nombre des cas ainsi examinés devait évidemment rester fort restreint, puisque le transport des malades au laboratoire de physiologie, surtout dans des cas graves, n'était pas sans difficulté. Pourtant il fallait multiplier le nombre des observations; pour une étude quelque peu approfondie des maladies du cœur il est, en effet, nécessaire que les recherches s'étendent sur un grand nombre d'exemples.

C'est alors que M. BOSSCHA suggéra l'idée de relier, par des fils conducteurs, à l'hôpital de l'Université de Leyde, le laboratoire de physiologie, où est établi le galvanomètre difficilement transportable. De cette manière on rendrait possible l'examen des malades de l'hôpital au moyen du galvanomètre du laboratoire.

Afin d'établir jusqu'à quel point cette idée était susceptible d'une réalisation pratique, une expérience était nécessaire et M. le Prof. PLACE proposa d'employer pour cette expérience le subside que la Société Hollandaise des Sciences destine à une recherche de physiologie. La proposition de M. PLACE fut approuvée et l'expérience eut lieu.

A première vue la question du raccordement électrique paraît très simple. En effet, les courants électriques nous apportent journellement par le télégraphe des informations de tous les coins de la terre. Pourquoi les courants provenant du cœur ne pourraient-ils pas être conduits de l'hôpital au laboratoire? En réalité, il n'y a aucune difficulté quant au principe; mais dans l'exécution des détails on se heurte pourtant à un certain nombre de difficultés d'ordre pratique.

Nous nous sommes servis d'une paire de fils du réseau téléphonique de Leyde, installé d'une façon parfaite par MM. RIBBINK et VAN BORK. Les fils de ce réseau s'étendent en partie sous le sol, en partie dans l'air. Tandis que les fils souterrains, fournis par la maison FELTEN ET GUILLEAUME à Mülheim s. l. Rhin, ne laissent rien à désirer, nous avons reconnu que les raccords terminaux, tendus au-dessus du sol ne pouvaient être utilisés pour nos recherches.

Des fils tendus dans l'air ne sont jamais absolument immobiles. Ils sont toujours animés d'un léger mouvement d'oscillation, par lequel ils se rapprochent ou s'écartent irrégulièrement l'un de l'autre. Par là ils renferment dans leur circuit un nombre variable de lignes de force du champ magnétique terrestre, ce qui donne naissance à des courants rendant le galvanomètre instable.

Il est assez difficile de placer sous le sol les extrémités des fils conducteurs; nous les avons donc fait aboutir à des fils isolés, tordus ensemble de manière à occuper l'un par rapport à l'autre une position invariable, et entourés d'un manchon en plomb. Ce câble de plomb, lourd et flexible, ne saurait être tendu; voilà pourquoi nous l'avons suspendu dans l'air à un câble en acier ⁽¹⁾. Même quand ce câble est agité par le vent, il n'en résulte aucune modification de l'indication du galvanomètre; nous avons donc vaincu ainsi une des difficultés que nous avons rencontrées au commencement.

Nous avons rencontré d'autres difficultés dans une isolation imparfaite et dans une induction réciproque des fils du réseau téléphonique. Chaque fois

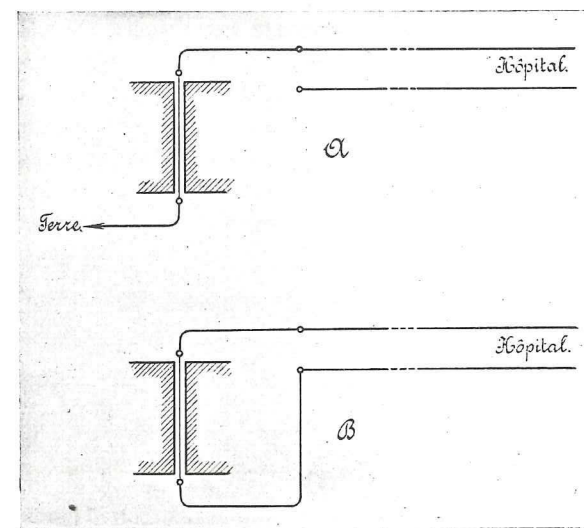


FIG. 11.

⁽¹⁾ Les matériaux nécessaires pour cette installation nous ont été fournis aussi, à notre entière satisfaction, par la maison FELTEN ET GUILLEAUME.

qu'un abonné reçoit un signal d'appel, des courants assez intenses se produisent dans le réseau, et, quand les divers fils ne sont pas parfaitement isolés les uns des autres, ces courants passent d'un fil à un autre, ce qui rend encore une fois incertaines les indications du galvanomètre.

Nous avons eu beaucoup de peine à isoler d'une façon aussi parfaite que possible les fils du galvanomètre. Le remplacement des fils terminaux, nus, tendus dans l'air, présentant nécessairement une isolation imparfaite aux points d'appui, par les câbles de plomb dont nous venons de parler, constituait déjà une amélioration considérable. D'ailleurs, l'emploi de ces câbles de plomb nous a permis de laisser de côté, sans danger, les parafoudres ordinaires, qui constituent toujours une source d'erreurs; il suffisait maintenant de mettre le manchon en plomb en communication avec le sol. L'isolement des câbles de plomb n'a jamais laissé à désirer, mais les endroits où s'établit le raccordement de la conduite souterraine aux fils aériens constituent, maintenant encore, des points faibles. Par un temps sec la résistance y atteint, il est vrai, 2000 à 3000 mégohms, mais en temps de pluie elle peut s'abaisser jusqu'à 10 mégohms et moins encore.

L'induction réciproque, surtout gênante aux extrémités des fils conducteurs, tendus sans enveloppe l'un à côté de l'autre, a été également diminuée notablement par l'emploi des câbles de plomb.

Mettons maintenant une des extrémités de la corde du galvanomètre en contact avec un des fils de communication du laboratoire avec l'hôpital, et relierons l'autre extrémité de la corde à la terre, ainsi que le représente la figure schématique 11 \mathcal{C} . Dans ces conditions le galvanomètre est traversé par des courants vagabonds, produits dans le réseau téléphonique au moment

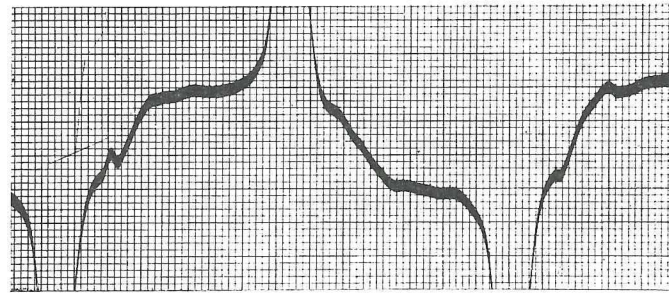


FIG. 12.

Absc. 1 mm. = 0.001 sec.; ordon. 1 mm. = 10^{-7} amp.

10

où une sonnerie électrique est mise en action pour avertir un abonné. Ces courants vagabonds sont causés par l'imperfection des isolations et par l'induction réciproque qui subsiste encore; ils sont assez puissants pour lancer entièrement hors du champs l'image de la corde. On peut cependant les affaiblir considérablement en laissant de côté la communication avec la terre, ainsi qu'on le voit sur le schéma fig. 11 \mathcal{B} , où les deux extrémités du galvanomètre sont reliées chacune à un des fils de communication du laboratoire avec l'hôpital. Mais même dans ces conditions on observe encore des vibrations de la corde, aussi longtemps qu'à l'hôpital même le circuit est interrompu, ou fermé par une très grande résistance. Elles ne cessent que quand on y ferme le circuit, soit directement, soit par intercalation d'une résistance relativement faible, comme celle du corps humain (variant de 1000 à 2000 ohms dans nos expériences). Or, ce sont là précisément les circonstances pratiques dans lesquelles nous opérons.

On voit dans la fig. 12 un photogramme obtenu en reliant avec intention une des extrémités de la corde du galvanomètre à la terre. Le galvanomètre avait une sensibilité à peu près 5 fois plus petite que celle que nous lui donnons dans le tracé des électrocardiogrammes ordinaires. Et cependant on constate que l'image de la corde est lancée complètement hors du champs par l'appel d'un abonné au téléphone. La vitesse du mouvement de la plaque était de 1 m. par sec., ce qui fait que 1 mm. en abscisse correspond à 0.001 sec., tandis que 1 mm. en ordonnée représente un courant de 10^{-7} amp.

La fig. 13, au contraire, représente un photogramme obtenu dans les mêmes conditions avantageuses que celles dans lesquelles nous enregistrons

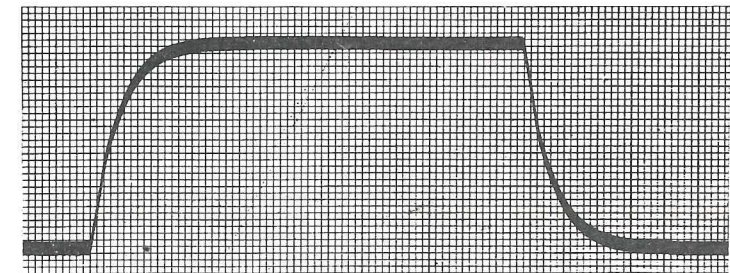


FIG. 13.

Absc. 1 mm. = 0.001 sec.; ordon. 1 mm. = 10^{-4} volts.

d'ordinaire les électrocardiogrammes de l'hôpital : sans fil de terre et en reliant les fils à l'hôpital par l'intermédiaire d'une résistance de 1500 ohms. On voit qu'il n'y a pas la moindre vibration; la corde reste absolument tranquille ⁽¹⁾. A un certain endroit du circuit nous avons intercalé subitement une différence de potentiel constante de 3 millivolts, sous l'influence de laquelle la corde a manifesté un écart de 30 mm.; 1 mm. correspond donc à 10^{-4} volts, ce qui est la sensibilité que nous appliquons régulièrement dans l'enregistrement des électrocardiogrammes.

Pendant le tracé, la plaque photographique se déplaçait avec une vitesse de 1 m. par sec. Un mm. en direction horizontale correspond donc de nouveau à 0.001 sec. Nous constatons sur le tracé que l'écart est achevé pour la plus grande partie au bout de 10 à 12 mm., c'est-à-dire en 1 à 1.2 centièmes de seconde. Cette durée de l'écart diffère à peine, tout au plus de quelques dix-millièmes de seconde, de celle que l'on obtient quand on n'emploie pas les fils de l'hôpital; la différence est d'ailleurs si petite qu'elle peut être négligée dans toutes les expériences suivantes. Il y a néanmoins lieu de se demander quelle serait la durée qu'exigerait l'écart, si la distance du laboratoire à l'hôpital devenait beaucoup plus grande.

A mesure qu'augmente la longueur des fils de communication, leur self-induction, leur résistance et leur capacité augmentent également, et par là il est mis un terme à la distance des endroits que l'on peut relier avec succès. La conduite établie entre le laboratoire et l'hôpital a une longueur d'environ 1.5 km. Sa self-induction peut être négligée, tandis que sa résistance est de 106 ohms et sa capacité de 0.075 μ f. Un calcul apprend

⁽¹⁾ Quand on applique la disposition \mathcal{B} de la fig. 11, ainsi que cela a eu lieu dans le cas de la fig. 13, les fils étant reliés à l'hôpital par une résistance médiocre (1500 ohms), l'immobilité de la corde est ordinairement assurée, même quand la pluie ou la neige ont réduit à moins de dix mégohms la résistance de l'isolation des fils de raccord.



FIG. 14.

qu'on pourrait se servir avec succès de conduites bien plus longues encore, et que l'on pourra raccorder avec succès Leyde à la Haye ou Harlem; je crois même que l'on pourrait établir une communication pratiquement assez bien utilisable entre Leyde et Rotterdam ou entre Leyde et Amsterdam.

Rendons-nous maintenant à l'hôpital et regardons-y un malade dont on est en train d'enregistrer l'électrocardiogramme. Il est commodément assis sur une chaise et plonge chaque main dans un grand vase, où aboutit un des fils de communication avec le laboratoire (fig. 14); ou bien il tient une main dans un des vases, et un pied dans l'autre (fig. 15). L'électrocardiogramme, dans ce cas un véritable *télécardiogramme*, est tracé au laboratoire. De cette manière

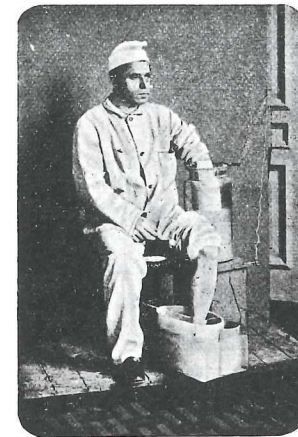


FIG. 15.

l'opération est pratique et simple, et elle a sur le procédé de photographie ordinaire, où le sujet doit se trouver dans le voisinage du galvanomètre, l'avantage d'une plus grande rapidité. En effet, les soins que demande l'expérience sont partagés maintenant entre deux groupes de personnes, chaque groupe pouvant se mouvoir dans son propre local, sans courir le risque de gêner l'autre.

La fig. 16 est la reproduction du premier télécardiogramme que nous avons enregistré; c'est celui d'un homme sain et vigoureux; le courant provenait des deux mains ⁽¹⁾. Il ne diffère en rien de celui que le même sujet fournit quand il se trouve au laboratoire, dans le voisinage même du galvanomètre. Les cinq sommets,

dont le premier *P* est fourni par la systole des oreillettes et les quatre autres *Q*, *R*, *S* et *T* par celle des ventricules, présentent dans les deux cas la même

⁽¹⁾ Ce télécardiogramme a été tracé le 22 mars 1905. Grâce à la façon soignée dont elle fut préparée, cette première épreuve réussit immédiatement. Jusqu'à ce jour, 24 février 1906, donc au bout d'un an, pendant lequel nous avons enregistré une centaine d'électrocardiogrammes, et plus d'une fois des bruits et des souffles cardiaques de malades de l'hôpital, nous n'avons pas encore éprouvé le moindre accroc dans nos opérations. Les appareils du laboratoire, c'est-à-dire le galvanomètre et l'installation pour l'enregistrement, ainsi que les fils de communication avec l'hôpital sont invariablement restés en parfait état.

forme et la même grandeur. Chez ce sujet le sommet *R* est particulièrement élevé ⁽¹⁾ et correspond à une différence de potentiel de deux millivolts.

Nous allons examiner maintenant quelques cardiogrammes de malades de l'hôpital, atteints de diverses affections cardiaques. En examinant ces malades nous sommes évidemment animés du désir de les guérir de leur mal. Tel est en effet le but du médecin. Malheureusement, nous devons être bien modestes, car la guérison n'est pas obtenue de si tôt. Nous devons en premier lieu tâcher de connaître dans tous ses détails le fonctionnement du cœur et les

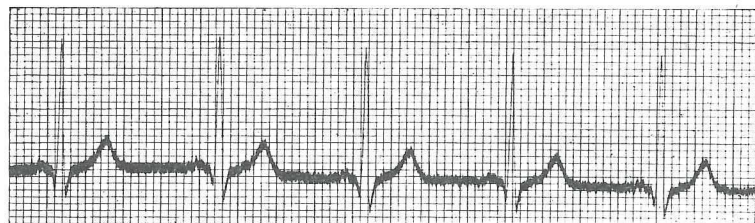


FIG. 46.

D. J. — Dérivation de la main droite à la main gauche.

causes de ses nombreux troubles; et nous basant ensuite sur la connaissance ainsi acquise et sur des vues plus claires, il est possible que dans un avenir encore éloigné nous soyons en état de soulager la souffrance des malades et de leur rendre la santé.

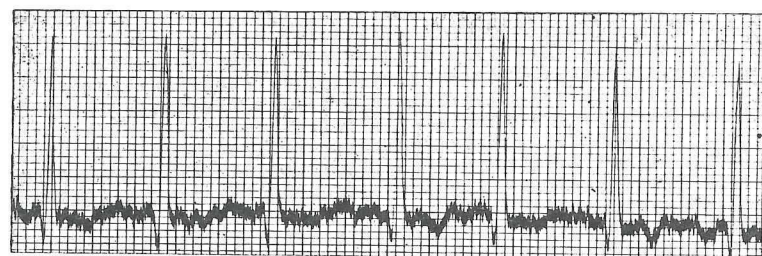


FIG. 47.

A. B. — *Insuff. mitralis*. — Dérivation de la main gauche au pied gauche.

Voici (fig. 17) l'électrocardiogramme obtenu en reliant la main gauche au

⁽¹⁾ La hauteur considérable du sommet *R* était occasionnée en partie par l'exercice corporel que le sujet venait de faire, peu de temps avant l'expérience. Il s'était notamment rendu à bicyclette du laboratoire à l'hôpital.

pied gauche d'une malade chez laquelle avait été constatée une affection de la valvule mitrale, consistant principalement en une insuffisance de cette valvule. On y remarque surtout un sommet dirigé vers le haut, d'une hauteur colossale, atteignant presque 30 mm., ce qui correspond à une différence de potentiel de 3 millivolts.

Je ne possède pas d'autre électrocardiogramme du même genre, obtenu en prenant le courant à la main gauche et au pied gauche. On aurait pourtant tort de considérer cette forme comme caractéristique pour une affection mitrale. On fera bien de ne pas se baser sur la forme de l'électrocardiogramme, du moins pas exclusivement, pour diagnostiquer un défaut de la valvule, puisque l'électrocardiogramme ne rend pas les mouvements de cette membrane. Le tracé est l'expression de la contraction du muscle cardiaque, et ce tracé n'est modifié que pour autant qu'un défaut dans le fonctionnement de la valvule a de l'influence sur cette contraction.

On ne doit pas oublier que la manière dont le cœur se contracte dépend à

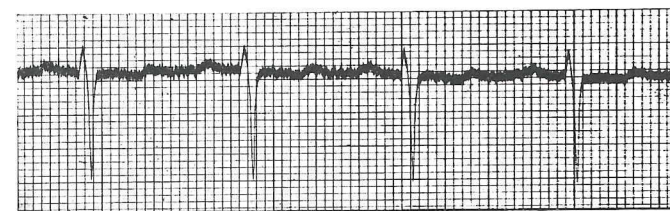


FIG. 48.

B. H. S. — *Insuff. aortae*. — Dérivation de la main gauche au pied gauche.

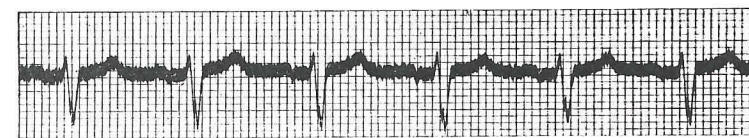


FIG. 49.

C. D. G. — *Insuff. aortae*. — Dérivation de la main gauche au pied gauche.

un haut degré de la nature et de l'intensité de la compensation qui s'établit, ainsi que de l'état plus ou moins maladif du muscle cardiaque lui-même. Dans ce cas particulier, on doit d'ailleurs comparer encore le degré de l'insuffisance avec la grandeur des autres défauts que présente la valvule mitrale. Ce n'est

que par des recherches étendues que l'on pourra mettre en lumière la pleine signification de l'électrocardiogramme.

Comme pendant à l'insuffisance mitrale de la fig. 17, les fig. 18 et 19 montrent les télécardiogrammes de deux malades atteints d'insuffisance des valvules de l'aorte. Le courant provenait de nouveau de la main gauche et du pied gauche, et les courbes sont à un certain point de vue l'inverse de celle fournie par la malade à insuffisance mitrale : la grande pointe au commencement de la systole ventriculaire est tournée vers le bas.

Comme une insuffisance mitrale provoque surtout une hypertrophie du cœur droit, et une insuffisance aortique une hypertrophie du cœur gauche, il est naturel de présumer que l'hypertrophie de première espèce est accompagnée du développement d'une pointe *R* dirigée vers le haut, tandis que l'hypertrophie de deuxième espèce pourrait être la cause de la formation d'une pointe *R* dirigée vers le bas. J'ajouterai toutefois expressément que dans ces

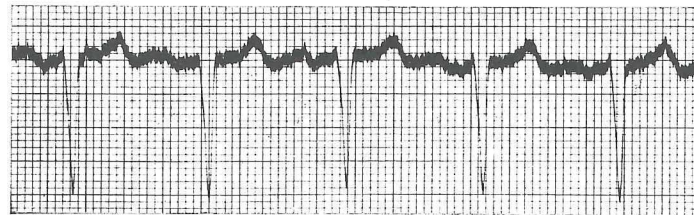


FIG. 20.

J. v. V. — *Hypertrophie du cœur gauche*. — Dérivation de la main gauche au pied gauche.

considérations j'ai uniquement en vue les électrocardiogrammes obtenus par un raccordement de la main gauche et du pied gauche.

Or, cette prévision est confirmée par la fig. 20, obtenue chez un malade atteint d'artériosclérose et présentant une très forte hypertrophie du cœur gauche. Ici encore la communication a été établie entre la main gauche et le pied gauche. Le sommet *R*, dirigé vers le bas, correspond à une différence de potentiel de 2 millivolts environ.

La fig. 21 reproduit le télécardiogramme d'un malade souffrant d'une sténose mitrale, mais sans insuffisance ; le courant a été pris de la même façon que chez les quatre sujets précédents, c'est-à-dire à la main et au pied gauches. J'attire spécialement l'attention sur la forme tout à fait caractéristique de la systole des oreillettes, nettement renforcée et séparée en trois ou quatre temps bien distincts.

Ce renforcement et cette prolongation de la systole auriculaire est évidemment liée étroitement à l'existence de la sténose mitrale. L'entrave mise au courant sanguin par cette sténose a une influence compensatrice sur la contraction des oreillettes. On n'a jamais pu, à ma connaissance, indiquer d'aucune manière jusqu'ici cette modification dans l'oreillette gauche, la seule qui vienne en ligne de compte ; la méthode d'enregistrement des pulsations veineuses, qui peut rendre de si grands services dans l'examen de l'oreillette

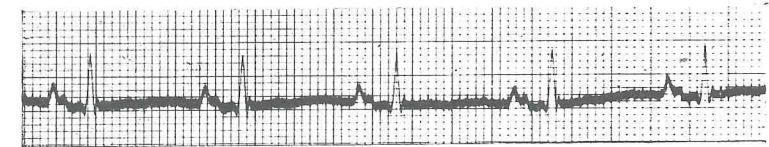


FIG. 21.

V. D. A. — *Sténose mitrale*. — Dérivation de la main gauche au pied gauche.

droite, n'est absolument d'aucun usage pour les veines pulmonaires de l'homme, par suite d'obstacles anatomiques insurmontables.

Chez une deuxième malade atteinte de sténose mitrale, que nous avons eu l'occasion d'examiner, le sommet *P* correspondant à la contraction des oreillettes était moins allongé, il est vrai, mais était énormément surélevé, ainsi qu'on peut le voir dans la fig. 22. Ici le courant a été conduit de la main

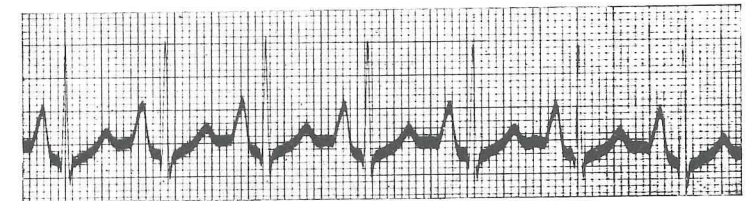


FIG. 22.

G. D. R. — *Sténose mitrale*. — Dérivation de la main droite au pied gauche.

droite au pied gauche. En comparant ce sommet avec un sommet normal, tel que le représentent par exemple les fig. 7 et 8, l'anomalie due à la sténose mitrale saute aux yeux.

J'ai reproduit dans la fig. 23 un télécardiogramme fort remarquable, obtenu chez un malade atteint d'une dégénérescence du cœur (myodégénération cordis) ; le courant est dérivé de la main droite au pied gauche. On y constate

qu'au sommet T , qui est le dernier dans tous les autres électrocardiogrammes, il en succède encore un autre. Ce sommet, que nous indiquerons par U , n'est égalisé que 0.5 sec. à peu près après le commencement de la systole ; ce qui prouve que dans ce cas pathologique la systole elle-même dure au moins 0.5 sec., et est donc caractérisée non seulement par une contraction irrégulière, mais encore par une durée extraordinairement longue.

La fig. 24 (dérivation de la main gauche au pied gauche) reproduit le télé-

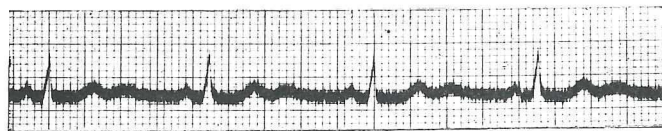


FIG. 23.

A. V. Y. — *Myodegeneratio cordis*. — Dérivation de la main droite au pied gauche.

cardiogramme d'un malade présentant une affection cardiaque congénitale, difficile à analyser dans tous ses détails. Dans le sommet dirigé vers le haut, on constate un crochet que l'on n'observe pas dans un électrocardiogramme normal.

On observe des modifications remarquables de la forme de la courbe dans les troubles du fonctionnement du cœur résultant d'un sport immodéré ; et un grand nombre d'autres circonstances pathologiques encore, qu'il serait trop long de mentionner ici, font sentir leur influence.

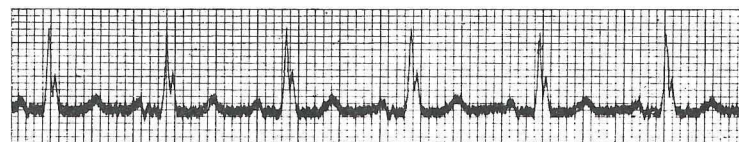


FIG. 24.

CH. N. — *Vitium cordis congenitale*. — Dérivation de la main gauche au pied gauche.

Dans ces recherches nous ne devons pas oublier qu'il peut se présenter des anomalies dans la situation du cœur, qui peuvent modifier la forme de l'électrocardiogramme sans que pour cela le fonctionnement du cœur soit lui-même anormal. Or, comme c'est précisément le mode de fonctionnement de cet organe que nous voulons déduire de l'électrocardiogramme, il est nécessaire

que notre jugement soit rendu indépendant de l'influence que sa situation exerce sur la courbe. Voilà pourquoi il est nécessaire d'examiner pour chaque sujet les courbes obtenues par différents modes de dérivation. En pratique nous avons toujours appliqué les trois modes dont il a été question plus haut.

Qu'il me soit permis maintenant d'attirer l'attention sur un phénomène que nous avons observé dans le cours de nos recherches et qui a causé quelque surprise.

C'est un fait bien connu que, chez une personne présentant un pouls régulier, le rythme des pulsations peut être soudainement interrompu, en ce sens que de temps en temps une pulsation manque dans la série régulière des



FIG. 25.

D. H. — *Convalescent du typhus*. — Dérivation de la main droite à la main gauche.

pulsations. Ces intermittences du pouls s'observent surtout chez des personnes qui ont été atteintes d'une maladie épuisant les forces du malade, comme le typhus. On s'attendrait à observer qu'au moment d'une intermittence du pouls l'électrocardiogramme est fortement affaibli ou fait même complètement défaut. Il est donc bien remarquable qu'au moment d'une intermittence il se développe précisément un courant relativement fort, souvent plus intense encore que celui de l'électrocardiogramme ordinaire.

La fig. 25 reproduit le télécardiogramme d'une personne en convalescence du typhus. La courbe enregistrée est un peu tremblotante, mais pour le reste le pouls peut être regardé comme normal. D'ailleurs ce tremblement ne provient pas des courants électriques du cœur, mais de ceux des muscles du squelette, ainsi que je le prouverai à une autre occasion. A un certain endroit entre les pulsations \mathcal{N}_1 et \mathcal{N}_2 , le rythme est soudainement interrompu par l'apparition d'un électrogramme atypique. Si le cœur s'était contracté normalement entre les battements \mathcal{N}_1 et \mathcal{N}_2 , rien n'aurait manqué à la régularité du fonctionnement du cœur. Mais la pulsation normale entre \mathcal{N}_1 et \mathcal{N}_2 fait défaut et à sa place nous voyons apparaître la courbe atypique.

Dans notre laboratoire nous avons enregistré simultanément le pouls et l'électrocardiogramme d'une personne qui avait eu le typhus deux années auparavant. On constate sur le photogramme de la fig. 26 que le pouls, assez régulier au demeurant, est subitement absent, peu après que s'est manifesté un électrogramme atypique.

Il est bien remarquable que ce dernier se présente un peu avant l'instant où l'on s'attendrait à observer l'électrocardiogramme normal; il y a donc



FIG. 26.

R. — Intermittences. — Dérivation de la main droite à la main gauche.

lieu de considérer le processus, qui accompagne le phénomène électrique atypique, comme la cause de l'absence de la contraction normale du cœur. Le fonctionnement atypique du cœur consiste ici en une extra-systole, suivie d'une pause compensatrice.

Avec le convalescent de l'hôpital nous avons pu faire une observation frappante. En même temps que nous observions au laboratoire les écarts du galvanomètre, le clinicien, M. le Prof. NOLEN, observait à l'hôpital le pouls du sujet. Chaque fois que nous constatons au laboratoire un écart atypique, nous en avertissions par un court signal téléphonique le clinicien, qui constatait après chaque avertissement une intermittence du pouls.

Comme à l'examen attentif du pouls on ne peut constater l'intermittence qu'à la fin de l'instant où la pulsation aurait dû se produire, tandis que l'écart atypique du galvanomètre apparaît déjà dans une phase antérieure, comme on s'en aperçoit en inspectant le photogramme, le galvanomètre permet de prédire les intermittences du pouls. Aussi pouvions-nous, à la grande surprise de M. NOLEN, l'avertir téléphoniquement un instant d'avance quand il allait constater une intermittence du pouls.

Il arrive parfois qu'il se manifeste avec un électrogramme atypique un pouls négatif, comme on peut le voir dans le photogramme 27 suivant. Ce

fait ne doit pas nous étonner, puisque l'électrogramme atypique est l'expression d'une contraction atypique du cœur et qu'en général une telle contraction pourrait bien produire une pareille irrégularité dans l'onde artérielle.

Nous devons toutefois faire remarquer que le sphygmogramme de la fig. 27 a été obtenu en appliquant un tambour explorateur sur le cou du sujet dans la région de la carotide. Bien que cela me paraisse peu probable, il n'est pas impossible pourtant qu'une modification du courant sanguin dans la veine jugulaire ait eu une influence sur la forme de la courbe.

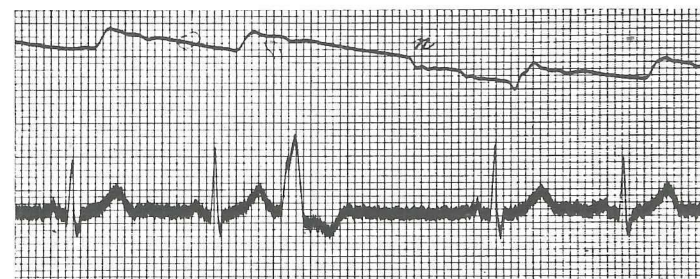


FIG. 27.

R. — Intermittences. — Dérivation de la main droite à la main gauche.

En ce moment, nos observations ne sont pas encore suffisantes pour permettre de donner, déjà dès à présent, une explication satisfaisante du phénomène; mais le phénomène lui-même est tellement frappant, que j'ai cru bien faire en ne le passant pas sous silence. La dépression que l'on observe en n'est pas, du reste, produite par un mouvement fortuit et sans importance du style enregistreur; cela est prouvé par le fait qu'on l'observe à ce seul endroit dans toute une série de pulsations, tandis que dans une autre série on observe une dépression analogue, à peu près au même instant après la fin d'un autre électrogramme atypique. La différence de temps entre la fin de l'électrogramme et l'apparition du pouls négatif est de 0.32 sec. dans la fig. 27, tandis qu'elle est de 0.28 sec. dans le deuxième cas, figuré fig. 29. Ces intervalles, qui me paraissent très grands, semblent prouver qu'une contraction cardiaque atypique continue à exercer une influence pendant un temps relativement long.

Il arrive parfois qu'un électrogramme atypique ne se manifeste que fort tard, et alors on observe ce fait remarquable, que le rythme du pouls n'est pour ainsi dire pas interrompu, voyez p. ex. fig. 28.

On sait depuis longtemps qu'il peut se présenter des contractions cardiaques sans pouls. On les a décrites sous le nom d'extra-systoles, c'est-à-dire de systoles inopportunes, et on en a distingué qui avaient leur origine dans les oreillettes, dans le faisceau de His et dans les ventricules. On a parlé



FIG. 28.

R. — *Intermittences*. — Dérivation de la main droite à la main gauche.

aussi de contractions frustranées, non accompagnées de pouls, parce que la systole serait incomplète et ne serait pas assez forte pour vaincre la pression dans l'aorte.

Mais dans toutes ces explications on a méconnu l'essence même du phénomène. Dans le cas de la fig. 28 on ne peut pas parler d'une extra-systole, pas plus que d'une systole frustranée, puisque la systole ne se manifeste pas à contre-temps et que le pouls qu'elle produit est fortement accusé.

La cause du phénomène doit être cherchée dans la façon dont le cœur se contracte. L'onde de contraction est atypique, de sorte que nous avons le droit de parler d'une contraction cardiaque ou d'une systole atypiques. Celle-ci peut se produire à un moment indu, et alors on peut l'appeler évidemment une extra-systole; ou bien elle peut se produire sans être accompagnée d'un pouls, et alors on peut parler naturellement de contraction frustranée, mais on ne doit pas attacher à ces mots une signification plus grande. En décrivant les extra-systoles on s'est probablement laissé induire en erreur par les phénomènes d'auscultation et par l'intensité du pouls, et on a cru que les contractions cardiaques devaient *toujours* être d'autant plus faibles qu'elles succédaient plus tôt à une systole antérieure.

Pourtant on constate qu'en réalité les contractions cardiaques atypiques qui se manifestent immédiatement après une systole diffèrent relativement

peu de celles qui viennent après une pause normale ou à peu près. C'est ce que l'on reconnaît nettement quand on compare les fig. 26 et 27 d'une part avec la fig. 28 d'autre part. L'intervalle de temps entre la systole précédente, normale, et la contraction cardiaque atypique est d'environ 0.04 sec. dans les deux premières figures, tandis qu'il atteint 0.24 sec. dans la dernière, soit

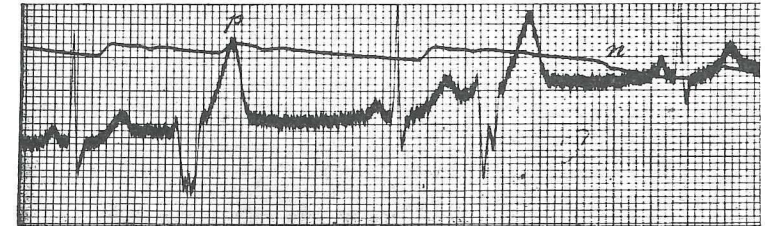


FIG. 29.

R. — *Intermittences*. — Dérivation de la main droite au pied gauche.

une valeur six fois plus grande, et cependant dans ce dernier cas les sommets de l'électrogramme ne sont pas beaucoup plus élevés.

Notre manière de voir est confirmée d'ailleurs par la fig. 29, qui fait voir l'électrogramme du même sujet, mais pour une dérivation du courant de la main droite vers le pied gauche. La première contraction atypique vient après un repos assez long, et développe une pulsation intense *p*, tandis que la deuxième contraction atypique succède presque immédiatement à une systole normale et est accompagnée d'un pouls négatif *n*.

Et cependant il n'y a qu'une différence insignifiante entre les deux électrogrammes atypiques.

J'ai à peine besoin de dire qu'il résulte de tout ceci que le cœur est déjà en état de se contracter fortement bientôt après la fin de la période réfractaire, et que ce phénomène est tout à fait en contradiction avec quelques-unes des idées courantes au sujet du fonctionnement du cœur.

Il est plus que probable que nos contractions cardiaques atypiques donnent aussi l'explication des phénomènes que l'on a décrits sous les noms de bigéminie du cœur, hémisystolie et systolie alternante, et dont les

explications plus ou moins subtiles que l'on en a données jusqu'ici doivent être rejetées pour la plupart ⁽¹⁾.

On voit dans la fig. 30 le télécardiogramme d'un individu chez lequel

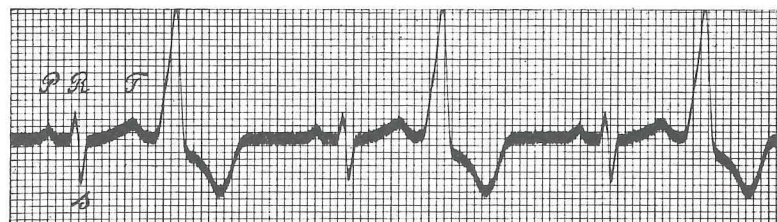


FIG. 30.

S. K. — Bigéminie du cœur. — Dérivation de la main droite au pied gauche.

Absc. 1 mm. = 0,04 sec.; ord. 1 mm. = 2×10^{-4} volts.

on a constaté une bigéminie du cœur; il a d'ailleurs le "pouls lent permanent", typique. On a constaté chez lui 80 battements du cœur et seulement 40 pulsations par minute. Le photogramme a été obtenu en dérivant le courant de la main droite au pied gauche; 1 mm. en abscisse correspond, comme d'habitude, à 0,04 sec.; mais, avec la sensibilité ordinaire du galvanomètre, les mouvements de l'image de la corde avaient une telle amplitude, que cette image quittait les bords de la plaque photographique. Voilà pourquoi nous avons, par exception, donné à la corde une tension plus forte, de telle sorte que 1 mm. en ordonnée correspond à 2×10^{-4} volts, c'est-à-dire au double de la valeur ordinaire.

⁽¹⁾ Que surtout on ne croie pas, à la suite des considérations précédentes, que je veuille méconnaître en aucune façon les mérites d'un grand nombre de cliniciens, qui ont entrepris avant moi l'étude des mêmes questions en se servant de la méthode d'enregistrement mécanique. Puisque je parle à présent du télécardiogramme, ce n'est pas le moment de parler de la bibliographie, fort étendue, relative au mécanisme et à l'innervation du fonctionnement du cœur dans son ensemble. Qu'il me soit permis cependant de faire une exception en faveur des études remarquables: « The study of the pulse » etc., Edinburgh 1902, d'un anglais, M. JAMES MACKENZIE, et de notre clinicien de Groningue, M. le Prof. WENCKEBACH: « Die Arrhythmie als Ausdruck » etc. Leipzig 1903.

Qu'il me soit permis aussi d'exprimer comme mon opinion personnelle qu'à l'aide des méthodes d'investigation mécaniques on n'a pas été capable, même avec la plus grande perspicacité, d'établir avec certitude la nature et l'essence des contractions cardiaques atypiques. Et en ce sens les méthodes d'investigation électriques nous ont réellement permis de faire un pas en avant.

Avec la dérivation employée ici, l'électrocardiogramme normal ne donne lieu à aucune remarque particulière. On voit un sommet bien net *P*, provenant de la contraction des oreillettes; des sommets ventriculaires le premier *Q* est absent et le troisième *S* est fortement développé. Or à chaque courbe normale succède immédiatement un électrogramme atypique, avec un sommet très élevé, dirigé vers le haut, qui correspond à une différence de potentiel d'environ 4 millivolts ⁽¹⁾.

Parfois on constatait chez le sujet une série de systoles normales, interrompues de temps en temps par une contraction atypique du cœur. Une autre fois nous avons pu constater une série de trois contractions atypiques successives, absolument identiques; enfin nous avons pu reconnaître aussi deux formes différentes de contractions atypiques.

Je craindrais d'entrer dans trop de détails si je m'attardais à la considération de ces phénomènes. Cependant, avant de quitter les contractions cardiaques atypiques, je désirerais faire à leur propos deux remarques.

D'abord, leur existence est beaucoup plus générale qu'on ne serait tenté de l'admettre. Le plus souvent on ne songera à l'existence de contractions cardiaques atypiques chez un malade que quand on aura observé chez lui des intermittences du pouls. Mais, dans les cas où les contractions du cœur sont inégales et irrégulières, il est difficile de distinguer les diverses causes de cette irrégularité et il est presque impossible de constater au toucher une intermittence du pouls.

C'est ainsi qu'il put arriver que chez un sujet dont le pouls, inégal et irrégulier, donnait 150 pulsations par minute, on ne crut pas à l'existence de contractions cardiaques atypiques, et que le galvanomètre donna la preuve du contraire; la fig. 31 peut servir d'exemple.

La deuxième remarque que je voudrais faire concerne le rapport entre la façon dont le cœur se contracte et la forme du pouls artériel. Quelques physiologistes ont prétendu que certains sommets du sphygmogramme artériel provenaient d'irrégularités dans la contraction du muscle cardiaque au moment de la systole, et quelques cliniciens ont, de leur côté, défendu une

⁽¹⁾ Dans la dissertation de M. le Dr GÖTELING VINNIS, Leyde 1905, on trouve le cardiogramme mécanique du même sujet. On voit par les courbes publiées par M. VINNIS que la pulsation du cœur est redoublée. La seconde partie, régulièrement répétée, d'une courbe est tantôt de même grandeur, tantôt un peu plus petite que la première.

pareille manière de voir dans l'explication d'un pouls lent anacrote. Or, l'exactitude de ces assertions ne saurait être mieux contrôlée qu'au moyen

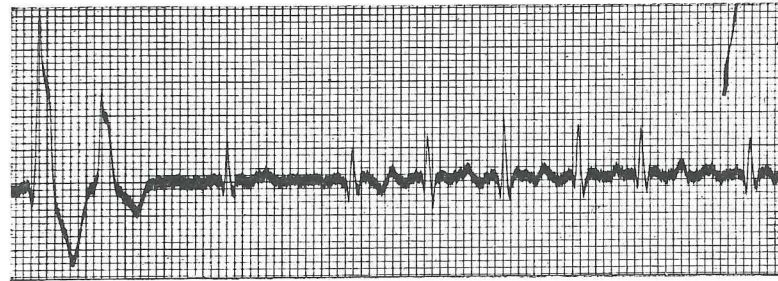


FIG. 31.

H. v. W. — *Pulsus inaequalis et irregularis*. — Dérivation de la main gauche au pied gauche.

de l'électrocardiogramme; mais les observations que nous avons faites dans ce but sont encore trop peu nombreuses pour que la question puisse être considérée comme définitivement résolue.

Pour finir cet examen des télécardiogrammes, je donnerai encore quelques considérations sur le rapport qui existe entre les systoles des oreillettes et des ventricules. Nous savons que dans la plupart des cas ce rapport est très intime, de sorte que normalement toute systole ventriculaire est précédée d'une systole auriculaire et qu'inversement cette dernière est toujours suivie d'une systole des ventricules. Dans ces conditions il n'est pas sans importance de mesurer exactement l'intervalle entre l'action des oreillettes et celle des ventricules.

Si l'on se propose de faire cette détermination par enregistrement mécanique, on doit tracer simultanément le pouls d'une artère et celui d'une veine, ce qui donne souvent des difficultés; l'électrocardiogramme, au contraire, nous permet d'atteindre aisément le but avec toute la précision désirable. Je n'ai qu'à renvoyer à la fig. 9, où 1 mm. en abscisse représente 0.01 sec. On y constate qu'il s'écoule 0.175 sec. entre le commencement de la systole des oreillettes et le commencement de la systole des ventricules, tandis qu'il y a un intervalle de 0.055 sec. entre la fin de la systole des oreillettes et le commencement de la systole des ventricules. L'électrocardiogramme d'une autre personne, enregistré dans les mêmes conditions et représenté fig. 10, fournit des intervalles beaucoup plus petits, respectivement de 0.13 et 0.035 sec.

D'après M. MACKENZIE on peut dire qu'il y a retard dans le rapport entre les deux sections du cœur, du moment que l'intervalle $A_s - V_s$ dépasse 0.2 sec., et dans ces conditions certains médicaments, tels que la digitale très renommée et souvent employée, sont dangereux. Il ne serait pas difficile de se servir de l'électrocardiogramme pour poursuivre pas à pas l'influence de divers médicaments sur la grandeur de l'intervalle en question. Et ce que je dis ici d'un examen de l'intervalle $A_s - V_s$, s'applique aussi, en général, à tout examen quantitatif de la fonction cardiaque. Le système de coordonnées dans lequel nos courbes sont tracées facilite singulièrement de pareilles mesures.

Quand le pouls est fréquent, il peut arriver que la contraction des oreillettes, dans chaque nouvelle révolution du cœur, succède si rapidement à la systole ventriculaire de la révolution précédente, que la pause cardiaque disparaît presque. Il se peut même que la systole ventriculaire et celle des oreillettes qui lui succède, aient lieu en partie en même temps. Alors les tracés représentatifs de l'action de ces deux sections du cœur se recouvrent partiellement. Il y a chevauchement des systoles. Et quand la contraction de l'oreillette est tellement prématurée, que le muscle du ventricule est encore dans l'état latent de la systole précédente quand il est atteint par une nouvelle excitation, la succession régulière des actions des deux parties du cœur est troublée.

Ces considérations sont confirmées par les télécardiogrammes des fig. 31 et 32. Cette dernière figure a été obtenue chez un malade présentant une dextérocardie, produite par une exsudation pleurétique du côté gauche. Le pouls est assez régulier, tandis que sa fréquence est grande: environ 126 pulsations par minute. La pause du cœur fait complètement défaut. Tandis que partout ailleurs dans la figure on n'observe que deux petites élévations entre deux sommets R successifs, il importe d'attirer l'attention sur la présence de trois élévations pareilles entre les sommets que j'ai indiqués par R_1 et R_2 . L'élévation moyenne correspondant, selon toute probabilité, à une contraction des oreillettes qui n'a pas été suivie d'une contraction ventriculaire.

Remarquons encore que l'on trouve dans la fig. 31 une particularité analogue et que dans les deux figures 31 et 32 les contractions des ventricules présentent toutes espèces de petites irrégularités variables, qui n'existent pas chez les cœurs normaux.

La succession régulière des actions des oreillettes et des ventricules est également troublée quand il y a un obstacle à la transmission des excitations

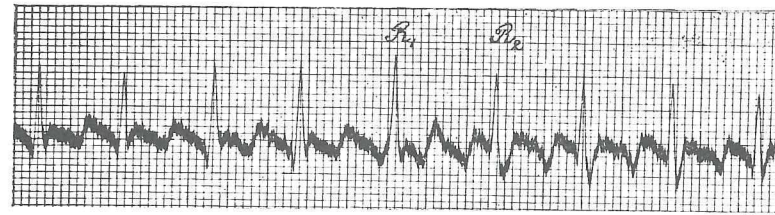


FIG. 32.

L. — *Dextérocardie par suite d'une pleurésie.* — Dérivation de la main gauche au pied gauche.

entre les deux parties du cœur ; il faut alors plus d'une contraction auriculaire pour provoquer une systole des ventricules (Herzblock).

Il se peut d'ailleurs que tout rapport entre la fonction des oreillettes et celle des ventricules ait cessé ; alors les deux parties du cœur travaillent indépendamment l'une de l'autre, chacune avec son rythme propre. Un tel état peut être provoqué dans le cœur des mammifères, quand on sectionne le faisceau de communication entre les oreillettes et les ventricules, qui a été découvert par W. HIS jun. et qui porte son nom ; on doit avoir soin toutefois de ne pas mutiler le cœur assez profondément pour qu'il s'arrête. Cette expérience, qui a été décrite pour la première fois par HIS lui-même, a été répétée après lui avec succès par d'autres expérimentateurs, entre autres LÉON FREDERICQ et MAX HUMBLET à Liège et H. E. HERING à Prague. Après la section dont il s'agit, — ou encore après l'écrasement du faisceau —, un cœur de mammifère présente le phénomène remarquable d'une entière indépendance des systoles auriculaires et ventriculaires, ce qu'on nomme une *allorhythmie*.

Au moyen de l'électrocardiogramme on peut parfaitement bien faire voir l'état d'un cœur bloqué et l'allorhythmie. La figure 33 reproduit l'électrocardiogramme d'un chien, dans un état de narcose profonde par le chloroforme. Le courant a été conduit de la patte antérieure droite vers la patte postérieure gauche, et dans sa forme générale le tracé présente, comme on le reconnaît à la figure, une grande analogie avec celle d'un électrocardiogramme humain. J'ai indiqué par a_1 , a_2 etc. les sommets des oreillettes et nous remarquons

que le dernier sommet des ventricules T , qui est dirigé vers le haut dans la plupart des électrocardiogrammes humains, est dirigé ici vers le bas.

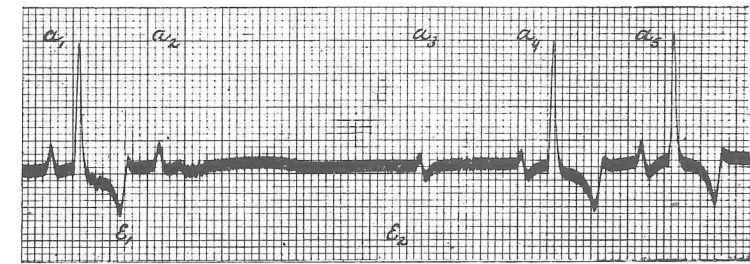


FIG. 33.

CHIEN. — *Excitation au nerf vague. Block du cœur.* — Dérivation de la patte antérieure droite à la patte postérieure gauche.

Entre E_1 et E_2 le bout périphérique du nerf vague droit a été excité. Après le commencement de cette excitation, la systole du cœur, déjà commencée, s'est achevée, puis il est venu encore une systole des oreillettes en a_2 , après quoi le cœur est resté en repos jusqu'à la fin de l'excitation.

Quand l'excitation a pris fin, il s'est manifesté en a_3 la première contraction auriculaire à laquelle ne succède pas de systole ventriculaire : à ce moment donc se présente un "block". Ce n'est qu'en a_4 que ce "block" est levé et que le rapport entre la systole des oreillettes et celle des ventricules se rétablit complètement.

Quand la narcose est plus profonde encore, et que l'excitation du nerf vague est encore plus forte, le "block" du cœur s'accroît encore. On observe alors, après une longue pause produite par l'excitation du nerf vague, un certain nombre de contractions auriculaires successives, précédant la première systole ventriculaire qui se développe. C'est ce que montre la fig. 34 suivante, obtenue avec un autre chien, profondément narcotisé ; le courant est également dirigé de la patte droite de devant vers la patte postérieure gauche.

On voit sur la figure les oscillations des courants électriques, qui commencent à se manifester après que l'excitation du nerf vague a occasionné un état de repos de 3 sec. Ce n'est que la cinquième contraction des oreillettes qui est suivie d'une systole ventriculaire.

Les deux dernières figures prouvent que la nature de la contraction auriculaire est modifiée par l'excitation du nerf vague, tandis qu'il n'y a pour ainsi dire aucune différence entre les systoles ventriculaires (fig. 33) avant et après l'excitation.

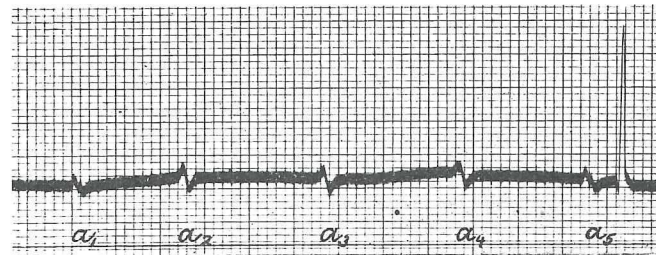


FIG. 34.

CHIEN. — Excitation du nerf vague. — Dérivation de la patte antérieure droite à la patte postérieure gauche.

La fig. 1 de la planche 3 représente les électrocardiogrammes d'un troisième chien, chez lequel il n'y a plus aucun rapport entre les contractions des oreillettes et des ventricules, de sorte que le fonctionnement du cœur est absolument allorhythmique. Ici encore le courant a été pris à la patte antérieure droite et à la patte postérieure gauche. Les sommets auriculaires, que j'ai indiqués par les lettres a_1 , a_2 etc., s'observent à des distances régulières, et il en est de même des sommets qui se rapportent aux systoles des ventricules; mais, tandis que la fréquence des systoles auriculaires est d'environ 55, celle des systoles des ventricules est d'environ 35 par minute.

Je compte traiter à une autre occasion, avec plus de détails, les phénomènes provoqués par l'excitation du nerf vague, et les circonstances dans lesquelles on peut produire chez le chien le "block", et l'allorhythmie du cœur. Revenons maintenant à l'électrocardiogramme de l'homme.

Dans quelques cas bien rares on peut observer chez des malades une allorhythmie complète du cœur. Nous avons eu l'occasion d'enregistrer le télécardiogramme d'une femme qui présentait ce phénomène; on le trouve dans les fig. 2 et 3 de la planche 3; le courant était dirigé de la main droite vers le pied gauche.

La malade avait 29 pulsations par minute seulement. On voit que le rythme des contractions auriculaires, indiquées par a_1 , a_2 etc., est absolument indépendant du rythme des contractions ventriculaires. Il y a environ

10 à 11 contractions auriculaires sur 4 ventriculaires, et, comme ce rapport ne peut être représenté par celui de deux nombres assez petits, les élévations provenant des oreillettes sont inégalement distribuées parmi celles dues aux ventricules, ou bien elles se confondent avec ces dernières en des points différents du tracé.

Il est généralement aisé de reconnaître une superposition des tracés auriculaires et ventriculaires. C'est ainsi qu'en a_5 et a_{10} (pl. 3, fig. 2) on voit un sommet d'oreillettes entre les sommets S et T de la systole ventriculaire, tandis qu'aux points a_3 et a_8 de la même figure le sommet des oreillettes tombe sur la branche descendante du sommet T .

Dans le premier et le dernier électrocardiogramme de la fig. 3, pl. 3, les superpositions sont remarquables. Dans le dernier électrocardiogramme de cette figure, le sommet des oreillettes coïncide exactement, en a_{10} , avec la pointe du sommet T , et de cette superposition résulte évidemment une élévation plus haute et plus aiguë que le sommet T des autres électrocardiogrammes.

Dans la première systole ventriculaire de la figure, en a_1 , le maximum de l'élévation auriculaire vient à peu près 0.04 sec. après la pointe du sommet T . Alors que l'élévation ventriculaire a déjà atteint son plus haut point et que commence sa période de descente, par laquelle l'image de la corde reviendrait vers la position d'équilibre, surgit la branche ascendante du sommet des oreillettes, qui tend à écarter de nouveau vers le haut l'image de la corde. Les deux effets se combinent, avec ce résultat, qu'il se forme un plateau horizontal au lieu d'une pointe.

Il est à peine nécessaire de dire qu'à l'aide des télécardiogrammes le diagnostic du mal est très facile et ne laisse pas le moindre doute.

Mais quoique dans les fig. 2 et 3 de la planche 3 les contractions ventriculaires atypiques fassent complètement défaut, je ne puis pas passer sous silence que j'ai pu les observer chez le même sujet, dans une autre série de télécardiogrammes, de sorte que l'écart que présente le fonctionnement de son cœur est plus compliqué qu'on ne serait peut-être tenté de l'admettre.

Dans une très intéressante leçon de clinique, publiée dans le *Nederlandsch Tijdschrift voor Geneeskunde*, M. PÉL présente un malade du même genre et insiste avec raison sur les difficultés de l'enregistrement simultané du mouvement du cœur et du pouls veineux. Et pourtant on ne pouvait pas encore se passer jusqu'ici de cette méthode d'investigation, quand il s'agissait d'établir

le rapport entre les contractions des oreillettes et des ventricules. M. PEL dit que c'est " une opération qui demande beaucoup de temps et qui est fort subtile et délicate; elle soumet à une rude épreuve la patience des auditeurs ", quand on la fait dans une leçon de clinique, " et son résultat est fort incertain ".

Quand on essaie de remplacer le procédé de l'enregistrement mécanique par l'examen aux rayons de RÖNTGEN, il me semble qu'on ne saurait obtenir des résultats satisfaisants, aussi longtemps que l'on ne réussit pas à fixer sous forme d'images graphiques les mouvements passagers du cœur.

A propos des tracés obtenus par enregistrement mécanique, M. PEL dit que leur mesure et leur analyse sont une source d'interprétations fausses, et il avance cette prédiction, quelque peu imprudente, " que nous ne serons jamais en état de nier, chez les malades, l'existence de contractions ventriculaires excessivement faibles. "

Ces difficultés, tracées par M. PEL en des couleurs aussi vives, ne se présentent pas dans l'enregistrement des télécardiogrammes; presque toutes les épreuves réussissent, sont obtenues en quelques minutes et fournissent un résultat absolument certain; la méthode n'exige pas une habileté particulière de la part de l'observateur, et elle unit, à une précision qui laisse peu à désirer, le grand avantage qu'elle permet de faire usage de mesures absolues. Cependant, si tels sont les arguments que l'on peut fournir en faveur des télécardiogrammes, nous ne devons pas méconnaître les inconvénients de la méthode.

Les appareils avec lesquels on opère demandent une installation particulière et prennent beaucoup de place; comparés avec les cardiographes et sphygmographes ordinaires, ils sont coûteux et compliqués; ils ne peuvent être maniés que par des assistants qui ont appris à s'en servir. Or, il ne serait peut-être pas raisonnable d'exiger des assistants pour les cours de clinique, dont les études sont déjà si lourdes, des études techniques encore plus fortes qu'elles ne le sont en ce moment.

C'est donc dans un laboratoire de physiologie où les appareils sont à leur place, que ce genre de travaux doit être effectué. Et là où il y a un lien, tant réel que figuré, entre ce laboratoire et l'hôpital, là où les circonstances sont favorables à la collaboration du physiologiste et du clinicien, — l'un et l'autre restant le maître sur son propre terrain, — là on pourra se servir avec succès, comme j'espère vous l'avoir prouvé, à côté des méthodes mécaniques ordinaires, des nouvelles méthodes de recherche par l'électricité.