

## V

# QUELQUES EFFETS DES DÉCHARGES ÉLECTRIQUES

## SUR LE CŒUR DES MAMMIFÈRES <sup>1</sup>

Par MM. J.-L. PREVOST et F. BATTELLI

---

(Travail du laboratoire de physiologie de l'Université de Genève.)

---

Dans un précédent mémoire publié dans ce *Journal* <sup>2</sup>, nous avons montré que les trémulations fibrillaires du cœur provoquées chez le chien peuvent, dans certaines conditions, être arrêtées, le cœur reprenant ses battements rythmiques, lorsque l'on soumet l'animal au passage d'un courant alternatif de haute tension (de 4.800 volts par exemple.)

Depuis lors nous avons cherché un procédé qui fût plus facile à réaliser dans un laboratoire de physiologie, et qui ne présentât pas les dangers d'un courant industriel à haute tension.

Le courant induit des bobines de Ruhmkorff ne nous a jamais donné de résultats satisfaisants. Le courant d'une bobine même très puissante (étincelles de 35 centimètres) n'a généralement aucune action appréciable sur le cœur, lorsque les électrodes sont placées à la surface du corps. En appliquant une des électrodes (ou toutes les deux) sur le cœur mis à nu, le courant de la bobine provoque des trémulations fibrillaires des ventricules, si elles n'existaient pas auparavant, et ne les fait pas cesser si elles existent déjà.

Les fortes décharges électriques d'un grand condensateur ne sont pas suffisantes pour faire cesser les trémulations ventriculaires du cœur d'un chien, lorsque les électrodes sont placées à la surface du corps, ou même dans la bouche et le rectum. Souvent, au contraire, dans ces conditions, de fortes décharges peuvent provoquer des trémulations ventriculaires, lorsque un certain nombre de décharges se succèdent à peu d'intervalle les unes des autres, comme nous l'avons montré dans un précédent mémoire <sup>3</sup>, publié aussi dans ce *Journal*.

<sup>1</sup> Les principales conclusions de ce mémoire ont été présentées à la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève le 5 octobre 1899, et à l'Académie des sciences le 26 décembre 1899.

<sup>2</sup> J.-L. PREVOST et F. BATTELLI. La mort par les courants électriques; courants alternatifs à haute tension (*Journal de Physiol. et de Pathol. gén.*, 1899, t. I, p. 432).

<sup>3</sup> J.-L. PREVOST et F. BATTELLI. La mort par les décharges électriques (*Journal de Physiol. et de Pathol. gén.*, 1899, t. I, p. 1128).



Il nous a paru probable que, lorsque les électrodes sont placées à la surface du corps, la densité électrique due à la décharge est faible dans le cœur et le paralyse en y provoquant des trémulations ventriculaires; mais qu'en appliquant une des électrodes directement sur le cœur mis à nu, la densité électrique serait, au contraire, suffisante pour faire cesser les trémulations fibrillaires, en rendant ses battements rythmiques au cœur paralysé. L'expérience a, comme nous le verrons, justifié cette manière de voir, et réalisé nos prévisions.

Pour la partie historique générale, nous renvoyons à notre précédent mémoire sur la mort par les décharges électriques<sup>1</sup>; mais nous devons ajouter qu'il n'existe à notre connaissance aucune expérience sur l'action des décharges électriques sur le cœur; de sorte que les expériences que nous publions ici sont tout à fait nouvelles.

*Technique.* — Nos expériences sur la cessation des trémulations fibrillaires du cœur, sous l'influence des décharges électriques, ont été faites sur des chiens et sur des chats adultes, chez lesquels les trémulations ventriculaires sont, comme on le sait, persistantes. Nous avons, en outre, fait un grand nombre d'expériences sur des lapins pour étudier plus en détail les effets des décharges électriques sur le cœur. Nous avons fait aussi quelques expériences sur des cochons d'Inde; mais ces animaux, vu le petit volume de leur cœur, se prêtaient mal à ce genre de recherches.

Les animaux ont été le plus souvent curarisés, d'autres fois chloralisés, chloroformés, éthérisés ou morphinisés. Une canule était introduite dans la trachée, et l'on pratiquait la respiration artificielle. Le thorax était alors largement ouvert, le péricarde incisé sur toute son étendue afin de mettre le cœur bien à nu. Dans plusieurs cas la pression artérielle (carotide ou fémorale) était inscrite sur le kymographion.

Quant au dispositif employé pour produire les décharges électriques, il était le même que celui que nous avons précédemment employé et décrit dans nos mémoires sur la mort par les décharges électriques<sup>2</sup>. Ce dispositif nous permettait de mesurer exactement, soit la capacité du condensateur, soit la longueur de l'étincelle, de façon à pouvoir calculer l'énergie de la décharge. Nous ne répéterons pas ici les considérations que nous avons faites à ce propos, renvoyant pour cette description à notre précédent mémoire.

Une électrode constituée par une plaque métallique était placée dans la bouche, l'autre électrode appliquée directement sur le cœur: cette dernière était constituée par un ou plusieurs disques métalliques recouverts d'étoffe bien mouillée. Le diamètre de ces disques variait suivant les animaux soumis à l'expérience. Chez les lapins nous avons ordinairement employé un disque du diamètre de 13 millimètres; chez les chats et les chiens de petite taille, un ou deux disques de 22 millimètres; chez les chiens de grande taille, trois disques du diamètre de 20 millimètres.

Cette différence dans le diamètre et le nombre des disques était rendue nécessaire par le fait que des décharges suffisamment fortes rendent immobiles les parties du cœur sur lesquelles ont été appliquées les électrodes. Il fallait, par conséquent, donner aux électrodes une surface qui fût en rapport avec le volume du cœur, pour que celui-ci ne cessât de battre que dans une partie de son étendue.

<sup>1</sup> J.-L. PREVOST et F. BATTELLI. La mort par les décharges électriques (*Journal de Physiol. et de Pathol. gén.*, 1899, t. 1, p. 1085).

<sup>2</sup> J.-L. PREVOST et F. BATTELLI. La mort par les décharges électriques (*Journal de Physiol. et de Pathol. gén.*, 1899, t. 1, p. 1085).



## EXPÉRIENCES

I. — *Suppression des trémulations fibrillaires du cœur.*

Ces expériences ont été faites sur des chiens et sur des chats adultes, chez lesquels les trémulations ventriculaires sont habituellement définitives : on pouvait ainsi être certain que la restitution des battements rythmiques des ventricules du cœur offrant des trémulations fibrillaires, était bien due aux effets de la décharge électrique.

Dans le plus grand nombre des expériences de ce groupe nous avons appliqué l'électrode cardiaque sur la face antérieure des ventricules au niveau de l'union de leurs deux tiers supérieurs avec leur tiers inférieur. Quand l'électrode était formée d'un seul disque, celui-ci était placé sur le sillon interventriculaire. Quand nous avons employé deux disques, chacun était appliqué sur un ventricule. Enfin, lorsque nous avons employé trois disques, celui du milieu était placé sur le sillon interventriculaire et les deux autres, chacun sur un des ventricules.

Dans la plupart de nos expériences l'électrode cardiaque était reliée au pôle négatif du condenseur ; mais dans quelques cas, nous l'avons reliée au pôle positif et nous n'avons observé aucune différence dans les résultats.

Voici un certain nombre d'expériences types, les multiplier serait inutile.

GROUPE I. — **Electrodes** (bouche et cœur).

C = capacité, en microfarads. D = distance explosive, en millimètres

W = énergie, en joules.

I. — **Chien** de 9 kilogr. Éthérisé.

L'électrode cardiaque est constituée par deux disques, un pour chaque ventricule.

10 h. 54 m. Paralysie du cœur par application du courant induit.

Après 7 à 8 secondes. Une décharge (C = 0,63 ; D = 1 ; W = 7). Pas d'effet.

On entretient la vie de l'animal par le massage du cœur.

10 h. 58 m. Une décharge (C = 0,63 ; D = 2 ; W = 17). Pas d'effet. Massage du cœur.

11 h. 1 m. Une décharge (C = 0,63 ; D = 3 ; W = 41). Pas d'effet. Les oreillettes continuent à battre. Massage du cœur.

11 h. 3 m. Une décharge (C = 0,63 ; D = 4 ; W = 65). Les trémulations continuent ; l'oreillette gauche bat mal. Massage du cœur.

11 h. 5 m. Une décharge (C = 0,63 ; D = 5 ; W = 92). Les trémulations ventriculaires continuent. L'oreillette gauche est arrêtée, la droite bat mal. Massage du cœur.

11 h. 7 m. Une décharge (C = 0,63 ; D = 6 ; W = 123). Les ventricules reprennent leurs battements, qui sont faibles. On masse le cœur. Les battements ventriculaires deviennent plus énergiques. Les oreillettes sont arrêtées.

II. — **Chien** de 6 kilogr. Curarisé.

L'électrode cardiaque est constituée par un seul disque.

11 h. 12 m. Deux décharges (C = 0,63 ; D = 4 ; W = 65) sur l'origine de l'artère coronaire : Trémulations ventriculaires persistantes. Massage du cœur.

11 h. 15 m. Une décharge (C = 0,63 ; D = 6 ; W = 123) sur le septum, près de la pointe du cœur. Les battements des ventricules reprennent, mais ils sont faibles, un peu désordonnés. On fait le massage du cœur et bientôt les contractions cardiaques deviennent énergiques.



## III. — Chien de 7500 gr. Curarisé.

L'électrode cardiaque est constituée par un seul disque.

10 h. 28 m. On fait la ligature de l'artère coronaire gauche.

10 h. 33 m. Le ventricule gauche s'est arrêté; le ventricule droit offre des trémulations. On enlève la ligature et on masse le cœur. Bientôt les deux ventricules présentent des trémulations. Les oreillettes battent.

10 h. 40 m. Une décharge ( $C=0,63$ ;  $D=6$ ;  $W=123$ ) sur le septum, près de la pointe du cœur. Les battements des ventricules reprennent immédiatement et sont assez énergiques.

## IV. — Chien de 8 kilogr. Curarisé.

L'électrode cardiaque est constituée par deux disques, un pour chaque ventricule. Trémulations ventriculaires provoquées par piqure du point de Kronecker avec une épingle. (L'expérience est faite par M. le professeur Kronecker lui-même).

Après 1 à 2 m. Massage du cœur. Trémulations énergiques. Une décharge  $C=1,74$ ;  $D=5$ ;  $W=251$ ) sur les deux ventricules. Le cœur se remet immédiatement à battre d'une manière rythmique. A plusieurs reprises on fait rebattre le cœur qui avait été mis en trémulations par le courant induit. On constate aussi à plusieurs reprises que le courant induit appliqué sur la région de la décharge ne provoque pas de trémulations fibrillaires.

## V. — Chien de 22 kilogr. Éthérisé.

L'électrode cardiaque est constituée par trois disques.

10 heures. Application du courant induit. Trémulations ventriculaires.

Après 10 secondes. Une décharge ( $C=1,74$ ;  $D=6$ ;  $W=341$ ). Les battements des ventricules se rétablissent. Les oreillettes sont arrêtées en diastole.

10 h. 20 m. Les oreillettes ont repris leur rythme. Application du courant induit sur le cœur. Trémulations ventriculaires.

Après 20 secondes. Une décharge ( $C=1,74$ ;  $D=6$ ;  $W=341$ ). Les trémulations des ventricules cessent. Le cœur est inerte. On fait le massage et les trémulations ventriculaires reparaissent.

10 h. 24 m. Trémulations ventriculaires énergiques. Les oreillettes ont repris leurs battements. Dès que l'on suspend le massage du cœur, on fait une décharge ( $C=1,74$ ;  $D=6$ ;  $W=341$ ). Les ventricules offrent de faibles battements. Après quelques massages du cœur, les contractions deviennent assez énergiques.

## VI. — Chien de 24 kilogr. Éthérisé.

L'électrode cardiaque est constituée par un seul disque.

11 h. 52 m. Application du courant induit sur le cœur. Trémulations ventriculaires.

Après 7 secondes. Une décharge ( $C=1,74$ ;  $D=6$ ;  $W=341$ ). Les trémulations ventriculaires cessent et sont remplacées par de larges ondulations, qui peu à peu font place à des contractions de plus en plus isochrones. Les oreillettes sont arrêtées.

Après 80 secondes environ les battements des ventricules sont presque normaux.

Après 1 m. 30 s. Les oreillettes reprennent leurs battements.

VII. — Chien de 5 kilogr. Éthérisé (tracé fémoral, *fig.* 1 et 2).

L'électrode cardiaque est constituée par deux disques, un pour chaque ventricule.

3 h. 36 m. Application du courant induit sur le cœur. Trémulations ventriculaires.

Après 13 secondes. Une décharge ( $C=1,74$ ;  $D=5$ ;  $W=254$ ). Immédiatement les ventricules reprennent leurs battements. Les oreillettes battent (*fig.* 1).



3 h. 37 m. 30 s. Application du courant induit sur le cœur. Trémulations ventriculaires.

Après 28 secondes. Une décharge ( $C=1,74$  ;  $D=5$  ;  $W=254$ ). Les trémulations ventriculaires persistent.

Après 17 s. Nouvelle décharge de même énergie. Les trémulations ventriculaires cessent, le cœur est complètement immobile. On fait quelques massages du cœur, immédiatement les ventricules reprennent leurs battements. Les oreillettes sont toujours immobiles, diastolées.

3 h. 41 m. Les oreillettes battent ; le cœur est complètement rétabli (*fig. 2*).

VIII. — **Chien** de 20 kilogr. Chloroformé.

L'électrode cardiaque est constituée par un seul disque.

3 h. 12 m. Application du courant induit sur le cœur. Trémulations ventriculaires.

Après 15 secondes. Une décharge  $C=1,74$  ;  $D=7$  ;  $W=440$ ). Les trémulations ventriculaires cessent et sont remplacées par de larges ondulations désordonnées ; puis les battements des ventricules se rétablissent énergiques. Les oreillettes sont arrêtées ; elles battent 4 à 5 minutes plus tard.

IX. — **Chien** de 8,500 grammes. Chloroformé.

L'électrode cardiaque est constituée par un seul disque.

4 h. 7 m. Application du courant induit sur le cœur. Trémulations ventriculaires.

Après 11 secondes. Une décharge ( $C=1,74$  ;  $D=8$  ;  $W=530$ ). Les trémulations sont faibles ; mais elles persistent.

Après 6 secondes. Une seconde décharge. Grandes ondulations dans les ventricules. Massage du cœur. Les trémulations ventriculaires reparaisent au bout de quelques secondes.

4 h. 12 m. Une décharge ( $C=1,74$  ;  $D=8$  ;  $W=530$ ). Les trémulations cessent. Les ventricules présentent des battements très faibles, qui n'ont aucune action sur la pression artérielle qui reste toujours à l'abscisse. Un massage prolongé du cœur ne réussit pas à rendre les battements du cœur énergiques.

X. — **Chien** de 7 kilogr. Éthérisé.

L'électrode cardiaque est constituée par un seul disque.

3 h. 48 m. Application du courant induit. Trémulations ventriculaires.

Après 8 secondes. Une décharge ( $C=1,74$  ;  $D=9$  ;  $W=648$ ). Les trémulations ventriculaires persistent ; mais elles sont très faibles. Les oreillettes sont arrêtées. Massage du cœur. Les trémulations ventriculaires s'accroissent.

3 h. 50 m. Une décharge ( $C=1,74$  ;  $D=9$  ;  $W=648$ ). Les trémulations ventriculaires persistent, quoique très faibles. Massage du cœur.

3 h. 53 m. Une décharge ( $C=1,74$  ;  $D=9$  ;  $W=648$ ). Les trémulations cessent. Les ventricules présentent des battements très faibles. Le ventricule gauche s'arrête bientôt ; le droit continue à battre un peu plus longtemps.

XI. — **Chatte** adulte de 2,600 grammes. Curarisée.

L'électrode cardiaque est constituée par un seul disque.

3 h. 29 m. On fait la ligature de l'artère coronaire gauche.

3 h. 30 m. 18 s. Trémulations fibrillaires de tout le cœur. On enlève la ligature et on pratique le massage du cœur.

3 h. 35 m. Les trémulations persistent. Une décharge ( $C=0,63$  ;  $D=5$  ;  $W=92$ ). Les trémulations continuent. Massage du cœur.

3 h. 37 m. 30 s. Une décharge ( $C=0,63$  ;  $D=5$  ;  $W=92$ ). Les ventricules battent. Les oreillettes sont arrêtées.

3 h. 39 m. 30 s. Les oreillettes battent. Le rythme du cœur est normal.



Les expériences types que nous résumons ci-dessus nous permettent de constater un certain nombre de résultats que nombre d'expériences analogues que nous ne publions pas, n'ont fait que confirmer.

Constatons en premier lieu que, quelle que soit la cause qui a provoqué les trémulations fibrillaires des ventricules, elles peuvent être abolies et remplacées par de vraies contractions rythmiques du cœur, lorsque l'on applique sur cet organe des décharges électriques appropriées.

Dans le plus grand nombre de nos expériences, les trémulations ont été provoquées par l'application directe d'un courant induit sur le cœur; mais nous avons eu aussi recours à d'autres procédés dans d'autres cas. Dans l'expérience II, les trémulations furent produites par deux décharges rapprochées. Dans les expériences III et XI les trémulations furent la suite de la ligature de l'artère coronaire gauche. Dans l'expérience IV elles furent obtenues par la piqûre avec une épingle du point de Kronecker<sup>1</sup>. Lorsque le cœur a été mis en trémulations fibrillaires par l'application d'un courant induit, on peut par la seule action d'une décharge électrique appropriée, faire reparaitre les battements rythmiques des ventricules, si on ne laisse pas s'écouler un laps de temps supérieur à 15 secondes environ.

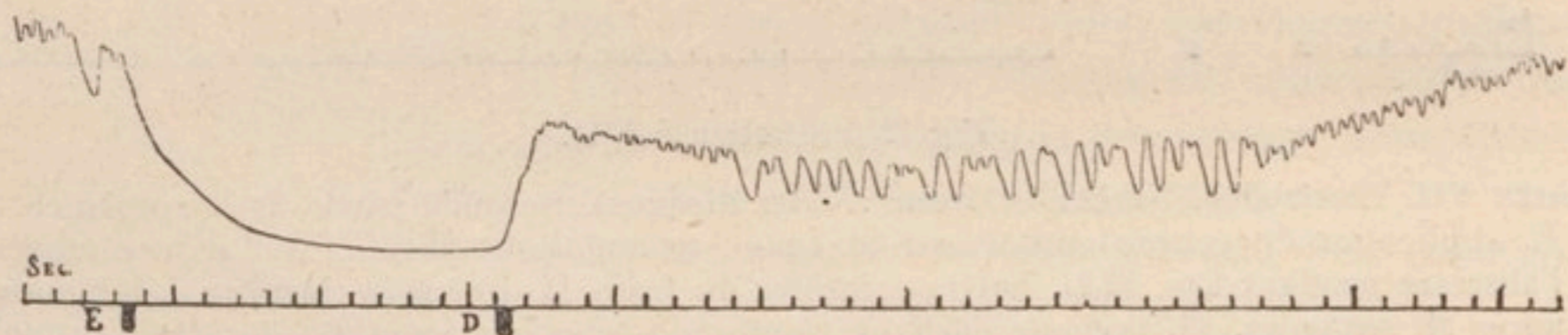


Fig. 1 (réduction à 1/4).

CHIEN VII. Électrodes (bouche et cœur : deux disques). Première partie de l'expérience. — E, application du courant induit sur le cœur; trémulations fibrillaires. D, décharge électrique (254 joules) faite après 13 secondes; rétablissement immédiat du cœur.

Nous avons déjà constaté ce fait dans nos expériences sur le mécanisme de la mort par les courants alternatifs<sup>2</sup>.

Nous avons montré que, lorsqu'on provoque chez un chien l'apparition des trémulations fibrillaires par le passage d'un courant à basse tension, on peut faire reparaitre les battements rythmiques du cœur, en soumettant l'animal à un courant de tension élevée, pourvu que l'on n'attende pas plus de 15 secondes environ pour appliquer ce courant.

Quand on a laissé passer 15 secondes après l'apparition des trémulations fibrillaires, il faut recourir au massage du cœur (quelques secondes suffisent) pour appliquer la décharge d'une manière efficace, et obtenir la cessation des trémulations, et le rétablissement des battements rythmiques du cœur. Ce fait que nous avons observé un grand nombre de fois, résulte clairement des expériences V et VII.

<sup>1</sup> M. le professeur Kronecker, qui a bien voulu venir à Genève avec M. le Dr de Cyon pour assister à deux de nos expériences, pratiqua lui-même cette piqûre du cœur qui provoqua des trémulations fibrillaires.

<sup>2</sup> J.-L. PREVOST et F. BATTELLI. La mort par les courants électriques; courants alternatifs à haute tension (*Journal de Physiol et de Pathol. gén.*, 1899, t. I, p. 432).



Si l'on a attendu un certain temps (quelques minutes par exemple), avant d'opérer le massage, les trémulations sont devenues faibles et à peine appréciables; il faut faire un massage prolongé avant d'appliquer la décharge (exp. IX). Le moment le plus favorable est alors celui où les trémulations fibrillaires sont redevenues énergiques comme au début.

Dans certains cas, les contractions cardiaques qui se sont rétablies sous l'action d'une décharge électrique sont faibles, un peu désordonnées, le cœur se vide difficilement du sang qu'il contient: il est alors avantageux de pratiquer quelques massages du cœur et, dans les cas favorables, les battements des ventricules redeviennent bientôt énergiques (exp. II).

Dans d'autres cas, les décharges électriques ont fait cesser les trémulations ventriculaires, mais le cœur ne présente pas de battements, il reste immobile; dans ce cas aussi le massage du cœur réussit souvent à faire battre les ventricules.

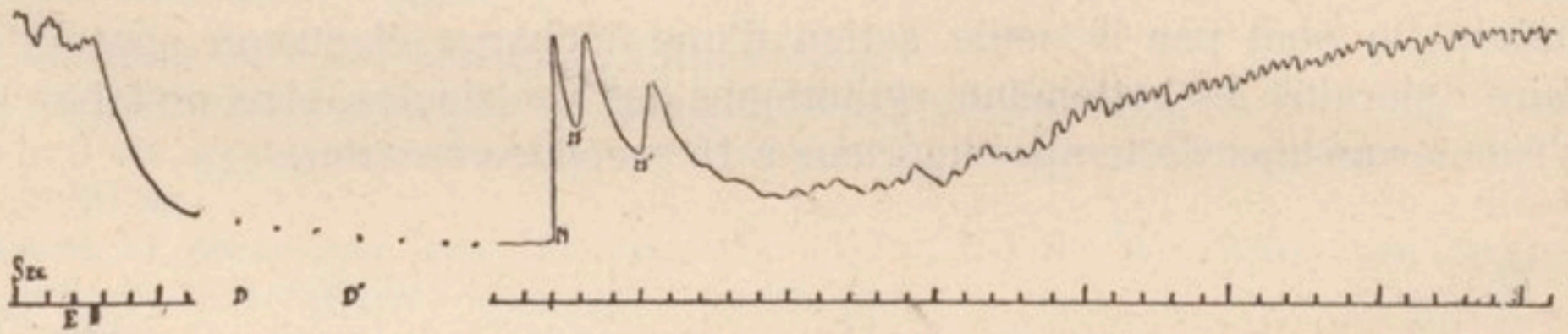


Fig. 2 (réduction à 1/4).

CHIEN VII. Électrodes (bouche et cœur: deux disques). Seconde partie de l'expérience. — E, application du courant induit sur le cœur; trémulations fibrillaires. Le tracé reste à l'abscisse pendant 1 m. 42 s., partie pointillée du tracé. D, décharge électrique (254 joules) après 28 secondes. D', seconde décharge après 45 secondes; cessation des trémulations. M, M', M'', trois massages du cœur à la suite desquels il reprend son rythme normal.

Il résulte des expériences du groupe I que la décharge électrique doit avoir une certaine énergie pour pouvoir rétablir les battements du cœur qui offre des trémulations fibrillaires. Lorsque l'énergie de la décharge est trop faible (exp. I), les trémulations persistent. Si, au contraire, l'énergie de la décharge est trop forte (exp. IX et X), les trémulations persistent généralement, mais elles deviennent très faibles et on les distingue à peine. En faisant le massage du cœur, elles deviennent de plus en plus manifestes. Dans d'autres cas, quand on a appliqué sur les ventricules en trémulations une décharge trop énergique, on observe que les trémulations cessent, mais sont remplacées par de larges ondulations désordonnées qui parcourent la surface des ventricules, sous forme de mouvements péristaltiques: la pression artérielle reste nulle. Après avoir duré pendant quelques secondes, ces ondulations font souvent place à de vraies trémulations (exp. VI, VIII et IX).

Enfin, dans d'autres cas, on obtient par des décharges trop fortes, la réapparition des battements des ventricules; mais ces battements sont peu énergiques et se marquent à peine sur le tracé de la pression artérielle (exp. IX et X).

Les décharges qui nous ont donné les meilleurs résultats pour le rétablissement du cœur sont celles que nous avons obtenues en prenant une capacité de 1,74 microfarad et une distance explosive de 5 millimètres, lorsque les chiens étaient de petite taille ou de taille moyenne (de 4 à 12 kilogr.). Pour les chiens de grande taille, nous avons avantageusement employé une capacité



de 1,74 microfarad et une distance explosive de 6 millimètres<sup>1</sup>. Nous rappelons qu'il est avantageux de se servir, pour l'électrode du cœur, de deux disques métalliques (un pour chaque ventricule) pour les petits chiens, et de trois disques pour les grands chiens.

Pour les chats, nous avons employé une capacité de 0,63 microfarad et une distance explosive de 5 millimètres (exp. XI).

La position des disques nous a semblé avoir une certaine importance pour la réussite de ces expériences. Nous avons de préférence placé les disques à l'union des deux tiers supérieurs avec le tiers inférieur des ventricules.

Les décharges qui font reparaître les contractions normales des ventricules ont le plus souvent pour effet d'arrêter les oreillettes en diastole. Cet arrêt, qui est constant lorsque l'énergie de la décharge est très élevée, manque, au contraire, assez souvent quand la décharge n'est pas trop forte. Ainsi, en employant une capacité de 1,74 microfarad et une distance explosive de 5 millimètres, on observe quelquefois l'arrêt des oreillettes à la première décharge ; dans d'autres cas, cet arrêt ne se produit qu'à la seconde ou à la troisième décharge. Quelquefois une seule oreillette cesse de battre, c'est tantôt la droite, tantôt la gauche : différences qui dépendent probablement du mode d'application des électrodes sur le cœur.

Dans tous les cas, les battements des oreillettes reparaissent après quelque temps (quelques secondes ou quelques minutes), lorsque les contractions des ventricules se rétablissent par l'action des décharges, ou lorsque l'on entretient la circulation du cœur au moyen du massage de cet organe.

Il ne nous paraît pas possible de donner actuellement une interprétation satisfaisante de l'arrêt des trémulations fibrillaires que peuvent produire, soit les courants alternatifs de haut voltage, soit les décharges électriques appliquées directement sur le cœur.

Nous considérons que, tant que (comme actuellement, selon nous) l'on ne possède pas une explication plausible du phénomène des trémulations fibrillaires du cœur, il n'est pas possible d'interpréter d'une manière satisfaisante et définitive les modifications que peut subir ce phénomène dont on ne comprend pas le processus.

## II. — *Les courants induits appliqués sur la région du cœur qui a reçu une forte décharge électrique ne provoquent plus de trémulations fibrillaires.*

Il résulte des faits exposés ci-dessus (groupe I) que l'on peut, chez le chien et le chat, au moyen d'une décharge électrique appropriée, faire cesser les trémulations ventriculaires et rendre au cœur ses battements rythmiques.

Nous avons alors recherché si le cœur qui vient de recevoir une forte décharge électrique est susceptible de présenter encore des trémulations fibrillaires quand il est excité par un courant induit.

Nous avons fait, dans le but d'élucider cette question, un grand nombre d'expériences qui ont toutes donné des résultats concordants, chez les différentes espèces animales.

<sup>1</sup> Nous rappelons que, dans nos expériences, la capacité de 1,74 microfarad était celle d'un condensateur de 11 plaques de verre d'une épaisseur de 2 millimètres environ, et dont les armatures étaient de 48 décimètres carrés pour chaque plaque.



On peut tout aussi bien opérer chez le lapin que chez le chien, car chez lui, les trémulations ventriculaires, si elles ne sont pas durables, peuvent du moins être aussi facilement provoquées que chez le chien.

Si nous avons choisi le lapin pour analyser les diverses phases du phénomène, nous avons pu constater, d'autre part, des résultats identiques chez les chiens dont les observations sont résumées dans le groupe I et qui nous ont servi à étudier la restauration du cœur.

Pour exciter le cœur, nous nous sommes servis du courant induit donné par un chariot de du Bois-Reymond, grand modèle, fourni par la maison Krüger de Berlin. La longueur de la bobine fixe est de 14 centimètres, de façon que la bobine mobile commence à recouvrir la bobine fixe à la division 14. L'écartement entre les deux électrodes excitatrices était de deux millimètres.

Dans cette série de recherches, nous avons souvent employé, surtout chez le lapin, comme électrode cardiaque, un disque métallique recouvert d'étoffe mouillée et n'ayant qu'un diamètre de 13 millimètres. Il est préférable, en effet, d'employer un disque d'un petit diamètre pour deux raisons : la densité électrique due à la décharge à l'endroit excité est plus grande, et par conséquent on obtient plus facilement l'insensibilité de cet endroit. En outre, la partie du cœur recouverte par le disque et qui vient de recevoir une forte décharge reste souvent immobile pendant un certain temps ; il est donc avantageux de n'immobiliser qu'une petite partie du cœur.

Nous ne rapporterons ici que quelques expériences types.

#### GROUPE II. — Electrodes (bouche et cœur).

C = capacité, en microfarads. D = distance explosive, en millimètres.

W = énergie, en joules.

#### XII. — Chien de 7,500 gr. Curarisé.

L'électrode cardiaque est constituée par un disque de 22 millimètres.

Tracé carotidien.

11 h. 10 m. 30 s. Une décharge (C=1,74 ; D=6 ; W=341). La pression tombe légèrement, puis peu à peu elle se relève et redevient normale. Les oreillettes sont arrêtées.

11 h. 11 m. 30 s. L'application d'un fort courant induit (distance des bobines de 10 centimètres) sur l'endroit de la décharge ne produit aucun effet appréciable.

11 h. 11 m. 36 s. Application d'un courant induit de même force sur un point du ventricule gauche, distant d'un centimètre environ de l'endroit de la décharge. Trémulations ventriculaires immédiates. Massage du cœur pendant plusieurs minutes. Les trémulations ventriculaires persistent et sont énergiques. Les oreillettes battent.

#### XIII. — Lapin de 2,200 gr. Curarisé.

L'électrode cardiaque est constituée par un disque de 13 millimètres.

10 h. 38 m. Électrisation du cœur avec le courant induit (distance des bobines = 20) sur la face antérieure du ventricule gauche à l'union de ses deux tiers supérieurs avec son tiers inférieur. Trémulations ventriculaires qui durent quelques secondes après l'électrisation.

10 h. 41 m. Une décharge (C=0,16 ; D=6 ; W=31) sur le même point du cœur.

10 h. 41 m. 30 s. On électrise ce point avec le courant induit (distance des bobines = 15). Aucun effet appréciable.



- 10 h. 41 m. 40 s. On électrise le même point (distance des bobines = 14). On obtient quelques trémulations ventriculaires manquées, c'est-à-dire que les contractions ne sont pas parfaitement isochrones ; mais quelques parties du cœur paraissent présenter de temps en temps des trémulations très fugaces. En même temps les battements du cœur sont accélérés.
- 10 h. 41 m. 50 s. On électrise le même point (distance des bobines = 13). Trémulations ventriculaires, qui cessent avant la fin de l'électrisation, qui n'a cependant duré que 5 à 6 secondes.
- 10 h. 42 m. 10 s. Électrisation du même point (distance des bobines = 12). On obtient de vraies trémulations fibrillaires qui durent une dizaine de secondes. On ferme le thorax en rapprochant la peau.
- 10 h. 46 m. Électrisation du même point (distance des bobines = 14). Vraies trémulations ventriculaires qui durent quelques secondes.
- 10 h. 49 m. Électrisation (distance des bobines = 17). Trémulations ventriculaires qui durent quelques secondes.
- 10 h. 50 m. Une décharge ( $C=0,16$  ;  $D=6$  ;  $W=31$ ) sur le même endroit. Les oreillettes sont arrêtées.
- 10 h. 50 m. 20 s. Électrisation du centre de cet endroit (distance des bobines = 10). Accélération des battements rythmiques des ventricules. Électrisation (distances des bobines = 5). Vraies trémulations persistantes. Massage du cœur. Les trémulations persistent.
- 10 h. 52 m. Une décharge ( $C=0,16$  ;  $D=6$  ;  $W=31$ ) sur le même endroit. Les battements des ventricules se rétablissent ; ils sont faibles et deviennent plus énergiques par le massage du cœur.
- 10 h. 53 m. On électrise le centre de l'endroit qui a reçu la décharge, avec le courant induit. On n'obtient pas de trémulations ventriculaires, même en introduisant complètement les bobines l'une dans l'autre. L'électrisation (distance des bobines = 13) faite à la base du ventricule droit, niveau que n'avait pas atteint la décharge, produit des trémulations ventriculaires qui durent plusieurs secondes.

#### XIV. — Lapin de 2300 gr. Curarisé.

L'électrode cardiaque est constituée par un disque du diamètre de 13 millimètres.

- 10 h. 55 m. Une décharge ( $C=0,64$  ;  $D=5$  ;  $W=92$ ) au niveau de la moitié de la face antérieure du ventricule gauche. Les oreillettes sont arrêtées. Électrisation avec le courant induit (distance des bobines = 12) faite au centre de l'endroit qui a reçu la décharge. Aucun effet appréciable. On ferme le thorax en rapprochant la peau.
- 11 h. 2 m. Les oreillettes battent bien. Électrisation du même point avec un courant induit de même force. Les battements du cœur s'accélèrent.
- 11 h. 5 m. Même électrisation. Le rythme du cœur se maintient, mais il y a une tendance aux trémulations. De temps en temps des battements manquent, parce que la contraction n'est pas isochrone dans tout le ventricule.
- 11 h. 8 m. Même électrisation au même niveau. Trémulations ventriculaires qui durent plusieurs secondes après l'électrisation.

Ces trois expériences ne représentent, comme nous l'avons dit, que des types d'un grand nombre d'expériences analogues que, pour abrégé, nous ne publions pas.

Il ressort de ces expériences plusieurs faits intéressants :

On peut constater d'abord que le point du cœur qui a reçu une ou plusieurs décharges suffisamment énergiques peut être soumis à un courant induit, même très fort, sans qu'il se produise des trémulations fibrillaires, qui naissent au contraire dès que l'on applique le courant induit dans le voisi-



nage. Les parties du cœur situées à quelque distance de l'endroit de la décharge conservent donc la propriété de produire des trémulations fibrillaires de tout le cœur, sous l'action du courant induit.

Nous avons électrisé des points du cœur très différents, placés à une distance plus ou moins grande de l'endroit où avait été faite la décharge, et tous ont produit des trémulations fibrillaires, généralisées à tout le cœur.

Il résulte incontestablement de ce fait que, lorsque l'on excite un point quelconque du cœur au moyen d'un courant induit, les trémulations fibrillaires qui se produisent dans toutes les parties du cœur ne sont pas dues à une propagation du courant électrique, mais à la propagation de l'excitation fonctionnelle qui part du point directement excité. Lorsque ce point que l'on électrise avec le courant induit a été complètement inhibé par une forte décharge préalable, il ne peut plus être excité par ce courant et les autres parties du cœur ne ressentent aucun effet appréciable de l'électrisation du point ainsi inhibé.

Il est facile d'expliquer la raison pour laquelle l'endroit du cœur qui est en contact avec le disque servant d'électrode devient inexcitable au courant induit, tandis que les autres parties du cœur conservent cette propriété ; cela résulte de ce que la densité électrique due à la décharge est beaucoup plus grande au niveau de l'électrode.

Nous nous sommes demandé si l'inhibition de la région du cœur, sur laquelle on applique la décharge, est due à une lésion anatomique, ou à un simple trouble fonctionnel.

Quand une forte décharge a été appliquée sur le cœur, on constate immédiatement au niveau où était placée l'électrode, l'existence d'une plaque blanchâtre ayant les contours du disque métallique qui la recouvrait. La couleur blanchâtre disparaît peu à peu, et si la décharge n'a pas été trop énergique, on ne distingue bientôt plus à la vue l'endroit où était placée l'électrode. La pâleur de cette région est probablement due à une forte constriction vasculaire.

A part cette teinte pâle passagère, on ne constate aucune lésion macroscopique appréciable.

D'ailleurs, l'expérience démontre qu'il ne s'agit pas d'une lésion anatomique durable : En effet, si après avoir appliqué une forte décharge sur un point du cœur, on électrise immédiatement ce point par un courant induit, on ne constate aucune modification appréciable des battements du cœur ; mais si on attend quelques minutes (exp. XIV), le point qui a reçu la décharge acquiert de nouveau, peu à peu, la faculté d'être excité par le courant induit et de transmettre cette excitation aux autres parties du cœur en provoquant des trémulations fibrillaires dans tout cet organe.

Lorsque la décharge n'est pas trop énergique (exp. XIII), on n'observe plus l'inhibition du point du cœur qui a reçu directement la décharge ; mais seulement une diminution d'excitabilité. Dans l'expérience XIII, on voit en effet que les trémulations fibrillaires du cœur pouvaient, avant la décharge, être provoquées avec une distance des bobines égale à 20 ; tandis qu'après une décharge énergétique de 31 joules, on n'a pu provoquer des trémulations fibrillaires, en électrisant l'endroit qui avait reçu la décharge, qu'avec une distance des bobines égale à 12.



Nous venons de dire que, lorsque la décharge a été suffisamment énergique, le point du cœur qui a reçu la décharge n'est plus excitable pendant quelque temps par un courant induit ; mais qu'il réacquiert peu à peu son excitabilité. Or ce retour à l'excitabilité normale se fait par des étapes intermédiaires que nous avons mises en relief par deux procédés, exposés dans les expériences XIII et XIV.

Dans le premier procédé (exp. XIII) nous avons appliqué sur un point du cœur, une décharge relativement faible, et nous avons électrisé ce point par un courant induit de plus en plus fort. Nous avons constaté qu'avec un courant relativement faible, on n'obtient aucun effet appréciable. Avec un courant un peu plus fort on observe une accélération du rythme cardiaque et, en même temps, une tendance aux trémulations fibrillaires, en ce sens que quelques contractions ne sont pas complètement isochrones ; et que quelques parties du cœur paraissent offrir des trémulations très fugaces. Avec un courant encore plus fort, on obtient au début de l'électrisation de vraies trémulations fibrillaires qui ne durent que deux ou trois secondes, quoique l'on continue l'électrisation. Enfin avec un courant encore plus fort, on obtient de vraies trémulations fibrillaires qui durent quelques secondes après la cessation de l'électrisation chez le lapin, et qui sont définitives chez le chien.

Dans le second procédé, nous avons donné une forte décharge sur un point du cœur (exp. XIV) et nous avons excité ce point par un courant induit de même force, à des intervalles de temps espacés, de façon à laisser disparaître peu à peu l'inhibition provoquée par la décharge. Nous avons constaté la même succession de phénomènes : aucun effet au début, puis accélération des battements, puis tendance aux trémulations, ensuite, trémulations qui cessent avant la fin de l'électrisation et enfin de vraies trémulations qui durent chez le lapin quelques secondes après la cessation de l'application du courant.

Nous attirons l'attention sur l'accélération du cœur que provoque souvent l'application du courant induit sur le point du cœur qui a reçu une décharge d'intensité modérée.

C'est une circonstance qui démontre que l'excitabilité du cœur a diminué à ce niveau : en effet, on sait qu'à l'état normal les très faibles courants induits appliqués sur le cœur, provoquent une accélération de ses battements, tandis que, s'ils sont plus forts, ils donnent lieu à des trémulations fibrillaires.

Or, après la décharge, des courants induits qui, à l'état normal, eussent été assez forts pour provoquer des trémulations fibrillaires, ne donnent plus lieu à ce phénomène quand on les applique sur le point de la décharge ; mais accélèrent le cœur, comme l'auraient fait des courants induits faibles appliqués sur cet organe avant la décharge.

#### CONCLUSIONS

1° Quelle que soit la cause qui a provoqué les trémulations fibrillaires du cœur, chez le chien ou chez le chat adultes, elles peuvent être abolies et remplacées par de vraies contractions rythmiques du cœur, avec restauration de la pression artérielle, lorsqu'on applique sur le cœur une décharge électrique appropriée (ni trop faible ni trop forte) ; si toutefois on ne laisse pas s'écouler un laps de temps supérieur à 15 secondes environ.



2° Quand on a laissé passer plus de 15 secondes après l'apparition des trémulations fibrillaires, il faut recourir à un massage plus ou moins prolongé du cœur, pour appliquer la décharge d'une manière efficace et obtenir la cessation des trémulations et le rétablissement des battements rythmiques du cœur.

Sous l'effet de ces décharges, les oreillettes sont le plus souvent arrêtées en diastole ; mais cet arrêt n'est que momentané, si les ventricules réacquièrent des contractions efficaces.

3° Les courants induits appliqués sur la région du cœur qui a reçu une forte décharge électrique, ne provoquent plus de trémulations fibrillaires.

Ces trémulations peuvent, au contraire, être provoquées, si on électrise un point autre que celui qui a reçu la décharge.

4° L'inhibition du point du cœur qui a reçu la décharge peut être plus ou moins intense suivant l'énergie de la décharge : ce point peut être complètement inhibé, et rester sans réaction, ou bien ses réactions peuvent être simplement affaiblies.

5° L'inhibition du point qui a reçu la décharge ne provient pas d'une lésion anatomique profonde, car elle est habituellement passagère.

6° En cas de décharges d'énergie modérée, le courant induit appliqué sur le point de la décharge donne souvent lieu à une accélération du cœur.

---