

Bibliothèque numérique

medic@

**Doumer, E.. - De l'emploi du courant
électrique en chirurgie**

1883.

***Paris : A. Parent, imprimeur de
la Faculté de médecine, A.***

Davy, successeur

Cote : 90975



Licence ouverte. - Exemplaire numérisé: BIU Santé
(Paris)

Adresse permanente : [http://www.biusante.parisdescartes
.fr/histmed/medica/cote?90975x1883x08x04](http://www.biusante.parisdescartes.fr/histmed/medica/cote?90975x1883x08x04)

FACULTÉS DE MÉDECINE

DE L'EMPLOI

4

DU
CONCOURS D'AGRÉGATION
COURANT ÉLECTRIQUE
EN CHIRURGIE

THÈSE

PRÉSENTÉE AU CONCOURS POUR L'AGRÉGATION

(Physique et Chimie)

PAR

E. DOUMER

Docteur en médecine,
Licencié ès-sciences,

Chef des travaux chimiques à la Faculté des sciences de Bordeaux,
Lauréat de la Faculté de médecine de Bordeaux.



PARIS

A. PARENT, IMPRIMEUR DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

A. DAVY, successeur

52, RUE MADAME ET RUE MONSIEUR-LE-PRINCE, 14

1883

0 1 2 3 4 5 (cm)

CONCOURS D'AGRÉGATION

Physique et Chimie.

MEMBRES DU JURY:

Président : M. GAVARRET.

Juges : MM. REGNAULD.

MONOYER (de Lyon).

ENGEL (de Montpellier).

GARIEL (de l'Académie de médecine).

Secrétaire : M. BOURGOIN.

Secrétaire adjoint : M. PUPIN.

CANDIDATS:

PHYSIQUE.

MM. BAGNERIS.

BERGONIÉ.

DOUMER.

GUÉBHARD.

IMBERT.

GHIMIE.

MM. BLAREZ.

LINOSSIER.

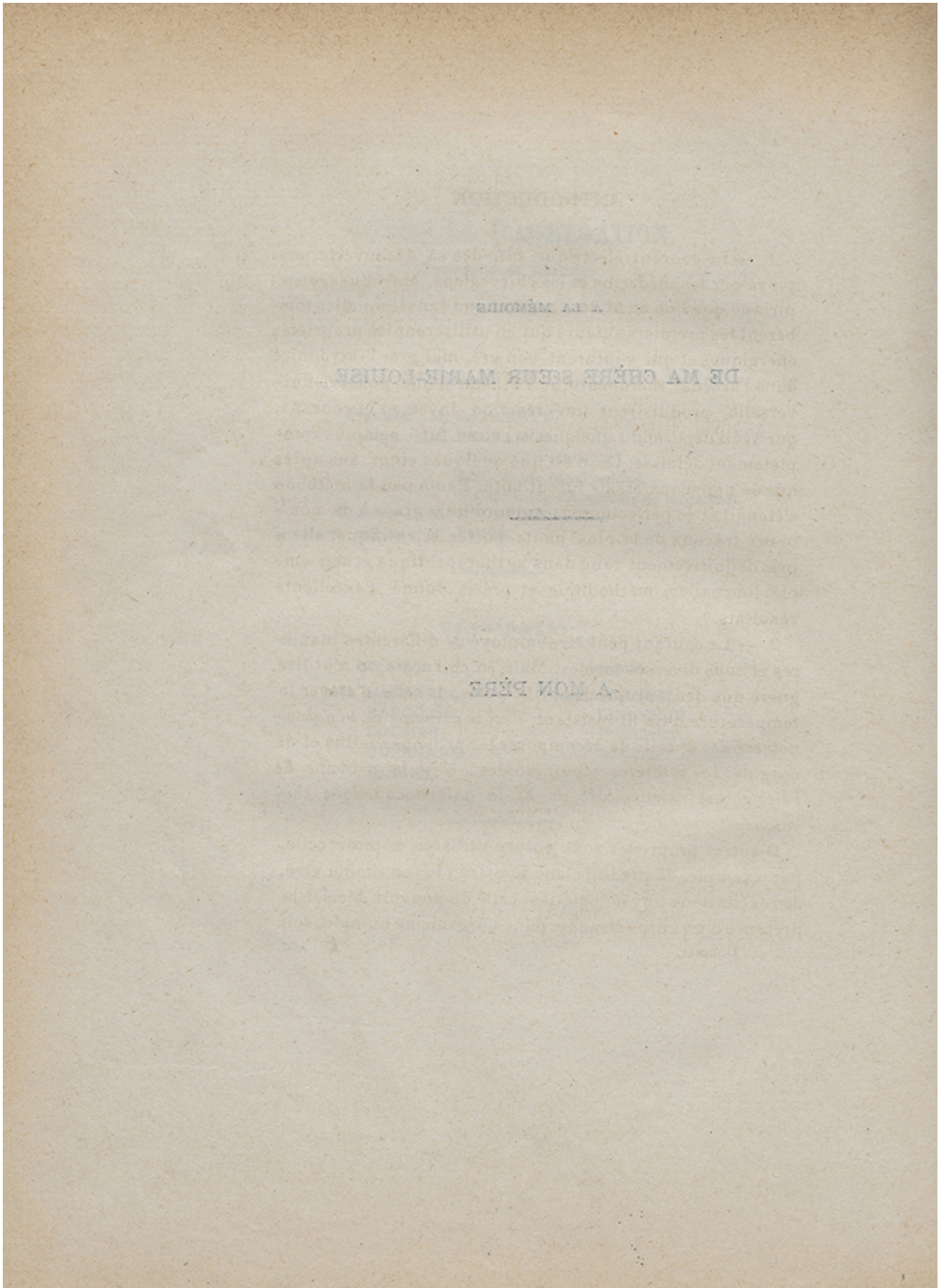
POUCHET.

VILLE.

A LA MÉMOIRE

DE MA CHÈRE SŒUR MARIE-LOUISE

A MON PÈRE



INTRODUCTION

1. — Le courant électrique fut, dès sa découverte, employé par les médecins et les chirurgiens. Mais l'usage empirique que l'on en fit, les exagérations dans lesquelles tombèrent les premiers auteurs qui en utilisèrent les propriétés énergiques et qui voulurent bon gré, mal gré, l'introduire dans l'arsenal thérapeutique à l'instar d'une panacée universelle, produisirent une réaction inverse ; le courant, qui avait déjà rendu quelques services, fut à peu près complètement délaissé. Ce n'est que quelques vingt ans après que de nouveaux essais furent faits. Peu à peu la méthode s'étendit et se perfectionna ; aujourd'hui, grâce à de nombreux travaux de la plus haute portée scientifique, elle a pris définitivement rang dans la thérapeutique et son emploi journalier, méthodique et précis donne d'excellents résultats.

2. — Le courant peut être employé de différentes manières et sous diverses formes. Mais, en chirurgie, on n'utilise guère que deux propriétés principales : 1° celle d'élever la température d'un fil résistant, c'est le principe de la *galvanothermie* ; 2° celle de décomposer les principes salins et de coaguler les matières albuminoïdes ; c'est le principe de l'*électrolyse chirurgicale* ou de la *galvanocaustique chimique*.

D'autres propriétés sont encore utilisées, comme celle, par exemple, de produire une lumière plus ou moins vive, des excitations physiologiques ; celle de pouvoir déceler la présence d'un corps étranger dans l'organisme humain, soit

Doumer.

1

en faisant marcher un trembleur électrique, soit parler un téléphone. Mais ces propriétés sont beaucoup moins importantes, aussi y insisterai-je beaucoup moins.

3. — Cette dissertation se divise en quatre chapitres. Dans le premier, je rappellerai rapidement les principales propriétés des courants et les définitions qui pourront nous être utiles.

Le deuxième sera entièrement consacré à la galvanothermie.

Dans le troisième, nous ne parlerons que de l'électrolyse.

Et enfin le quatrième sera entièrement réservé aux autres propriétés qui reçoivent quelques applications. Nous terminerons par une conclusion où seront rappelés les principaux résultats auxquels nous aura amené la discussion que nous allons entreprendre.

4. — Mais, avant d'entrer en matière, je vais en deux mots expliquer la manière dont j'ai compris et traité le sujet. J'aurais pu rester entièrement sur un terrain purement chirurgical, décrire les différents cas où le courant électrique a été et peut être employé, et exposer les méthodes qui conviennent le mieux. J'ai préféré traiter la question à un point de vue plus théorique. Il existe dans les ouvrages d'électrothérapie des contradictions étranges, quelquefois des notions absolument erronées au sujet de l'action du courant. J'ai pensé que traiter la question au point de vue théorique, donner des définitions précises, indiquer les règles certaines déduites rigoureusement des lois les mieux établies, serait rendre service à une science dont les applications chirurgicales sont encore loin d'avoir produit ce qu'elles peuvent produire.

En un mot, j'ai négligé intentionnellement l'histoire des

applications chirurgicales, pour dire comment devaient se faire ces applications. J'ai préféré laisser de côté les erreurs dans lesquelles sont tombés nos devanciers et préciser les conditions dans lesquelles nous devons nous placer pour obtenir l'effet que nous désirons.

5. — Je crois, et c'est là une opinion qui commence à se répandre dans le monde scientifique, je crois qu'il est indispensable de ne plus agir en aveugle. Le courant a une puissance variable, il est juste de la doser. Que penserait-on d'un chirurgien pour qui l'acide phénique à ses divers degrés de concentration serait également bon, qui ne ferait pas de différence entre cet acide pur et sa solution au millième ; qui emploierait indifféremment l'un ou l'autre ? Il en est de même pour le courant. Le galvanomètre et le voltamètre doivent entrer dans la pratique comme la balance l'a fait depuis longtemps déjà. Quelques essais ont été faits, quelques appareils même sont accompagnés d'un instrument de mesure qui permet de déterminer l'intensité du courant produit. Mais ce n'est pas encore assez, il faut connaître la force électromotrice qui le produit et les résistances qu'il est obligé de vaincre.

DE L'EMPLOI DU COURANT ÉLECTRIQUE EN CHIRURGIE

CHAPITRE PREMIER.

Notions préliminaires sur le courant électrique et les effets qu'il produit.

1. — Si dans un vase contenant une dissolution étendue d'acide sulfurique, on plonge une lame de zinc pur, ou ce qui revient au même pour le phénomène que nous avons à décrire, une lame de zinc amalgamé, on ne constate aucune action appréciable; mais si on y plonge aussi une lame en platine ou en cuivre, et qu'on établisse par n'importe quel moyen une communication métallique entre ces deux lames, immédiatement une action énergique se produit.

La lame de zinc se dissout dans l'acide sulfurique et des torrents de gaz hydrogène se dégagent sur la lame de platine. Si l'on interrompt la communication entre la lame de

zinc et la lame de cuivre, l'action cesse, mais elle reprend aussitôt si on la rétablit.

2. — Si la communication entre les deux lames précédentes est établie à l'aide d'un fil de cuivre, ce dernier, pendant que l'action chimique se produit, est doué de propriétés nouvelles, absolument indépendantes de sa nature et de ses dimensions qui font dire qu'il est *traversé par un courant*.

Ces propriétés nouvelles seront décrites dans un instant.

Je puis dire toutefois qu'une des principales, et qui permet de bien étudier le phénomène, consiste dans la déviation qu'éprouve une aiguille aimantée, placée dans le voisinage de ce fil de cuivre. C'est même là une propriété qui permet de reconnaître le passage d'un courant dans un fil conducteur et qui est le principe d'un instrument précieux, *le galvanomètre*.

3. — L'étude des propriétés du fil de cuivre, lorsqu'il établit ainsi la communication entre le zinc et le platine, a amené les savants à le considérer comme traversé par un flux de fluide, d'où le nom de *courant* donné à ce phénomène. Il semblerait, du reste, que le flux de fluide marche dans le fil du platine au zinc, c'est là la *partie extérieure du courant*.

Le liquide qui constitue l'élément est également traversé par un flux de fluide qui va du zinc au platine : c'est la *portion intérieure du courant*.

L'ensemble des deux lames, zinc et platine, du fil conducteur et du liquide constituent le circuit. Lorsque la communication entre chacune de ces parties est établie, le circuit est dit *fermé*. Si, au contraire, il y a une solution de continuité en n'importe quel point, le circuit est dit

ouvert. Dans le premier cas, le courant passe. Il ne passe pas dans le second.

Le courant électrique décrit donc un circuit fermé; il part du zinc, passe dans le liquide, arrive au platine et de là revient au zinc en passant par le fil de cuivre.

La lame de zinc a reçu le nom de *pôle négatif*; la lame de platine celui de *pôle positif*.

On dit donc, en résumé, que le courant électrique va du *pôle positif* vers le *pôle négatif*, en traversant le circuit extérieur, qui reçoit le nom de *rhéophore* ou *conducteur*, du *pôle négatif* au *pôle positif* en passant par le liquide.

4. — Des expériences nombreuses et toutes concordantes démontrent ce que, du reste, l'expérience citée plus haut faisait déjà entrevoir, que le courant est dû à l'*action chimique* qui se produit au niveau du zinc. Il faut donc, pour que le courant ait lieu, employer un métal qui soit attaqué; l'autre, ne jouant que le rôle de collecteur de l'électricité, n'a pas besoin d'avoir une action chimique sur le liquide employé, il ne le doit même pas. C'est donc au niveau du zinc, dans le cas précité et par le fait de la combinaison de ce métal avec l'acide sulfurique que se fait la production d'électricité. Le zinc prend l'électricité *négative*; le liquide se charge de la *positive*, et en vertu de la conductibilité la transmet au platine: c'est ce qui fait que dans le circuit extérieur, le courant paraît partir du platine pour aller vers le zinc.

5. — Cette manière de considérer le phénomène, tout en ayant l'apparence de l'expliquer, n'explique rien; elle n'a d'autre mérite que celui d'être classique; mais on peut concevoir le phénomène d'une autre façon, qui nous conduira à des notions précises à l'aide desquelles nous pour-

rons établir quelques formules extrêmement élémentaires dont nous ferons dans la suite un fréquent usage.

Nous avons dit au début que l'action n'avait pas lieu lorsque la communication est interrompue ; ce n'est point là l'exacte expression de la vérité.

Une action se produit, mais elle n'est pas de longue durée. Les lames métalliques examinées à l'aide d'instruments spéciaux montrent des différences dans leur état physique ; le platine possède une charge électrique positive, le zinc, au contraire, une charge négative. C'est cette *différence de charge*, cette *différence de tension* qui produit le courant lorsque l'on vient à fermer le circuit.

Cette différence de tension atteint rapidement son maximum et alors la réaction chimique qui l'a produite cesse ; mais si le circuit étant fermé, l'égalité de tension tend à se produire, l'action chimique recommencera de manière à maintenir une différence toujours la même. On peut, pour fixer les idées, comparer la production d'une différence de tension électrique à la production d'une différence de niveau, dans une pièce d'eau.

Si, à l'aide d'une machine quelconque à vapeur, par exemple, on élève de l'eau dans un bassin supérieur à celui où elle se trouve, jusqu'à ce qu'il soit rempli, la force motrice peut alors s'arrêter ; mais si on permet à l'eau ainsi élevée de s'écouler, il va se produire un courant du niveau le plus élevé vers le niveau le moins élevé, et, pour maintenir le bassin supérieur constamment plein, la machine à vapeur devra se remettre à fonctionner et continuer à le faire tant que durera le courant.

6. — La différence de tension signalée dans le précédent paragraphe, et à laquelle est dû le courant, a reçu le nom

de force électro-motrice. On la représente habituellement par E.

En passant dans un conducteur, le courant éprouve toujours une certaine résistance qu'il lui faut vaincre.

On appelle *intensité* du courant la quantité d'électricité qui passe dans l'unité de temps, dans un circuit de résistance égale à l'unité.

Ohm a établi la relation suivante entre ces trois valeurs :

$$I = \frac{E}{R}$$

C'est-à-dire que *l'intensité d'un courant varie proportionnellement à la force électro-motrice et en raison inverse de la résistance que le circuit offre à son passage.*

7. Pour augmenter l'intensité d'un courant, il faut donc : ou bien augmenter la force électro-motrice, ou bien diminuer cette dernière, mais dans des limites bien restreintes, car elle dépend du travail à effectuer.

Toutefois, un élément étant donné, on pourra toujours diminuer la résistance qu'il oppose au courant, en rapprochant les deux lames qui constituent ses pôles. Cette diminution aura toutefois une limite, qui aura sans doute lieu lorsque les deux lames seront en contact.

Quant à augmenter E, on n'y peut guère songer à moins de changer l'élément, car on a démontré que *la force électro-motrice d'un couple est absolument indépendante de la forme et de l'étendue des surfaces, et qu'elle ne varie pas avec la distance des deux lames.*

Du reste, elle est intimement liée à l'action chimique qui se produit au contact de l'un des métaux avec le liquide.

Elle ne variera qu'avec eux ; jusqu'ici le métal qui a été

Doumer.

2

reconnu comme donnant le meilleur effet est le zinc, surtout le zinc amalgamé.

Le liquide peut, doit même varier avec la force électromotrice que l'on veut obtenir, car ils sont loin de produire tous le même effet.

8. — On peut heureusement arriver au résultat cherché par un autre procédé. On prend plusieurs éléments et on les dispose de façon à faire traverser au courant qu'ils produisent la résistance à vaincre. On peut pour cela employer deux dispositions qui présentent l'une et l'autre leurs avantages suivant l'effet à obtenir.

Si par exemple on les dispose de telle façon que le pôle positif du premier soit relié au pôle négatif du second, celui du second avec le négatif du troisième et ainsi de suite jusqu'au dernier; et que le pôle négatif du premier et le pôle positif du dernier soient reliés à la résistance, le courant de chacun des éléments traverse la résistance extérieure, mais traverse aussi tous les éléments, dont il doit vaincre la résistance.

La force électro-motrice est proportionnelle au nombre d'éléments; il en est de même de la résistance. Et si l'on a pris n éléments de résistance intérieure $= R$; si r est la résistance du circuit antérieur, $R + r$, dans le cas d'un élément sera la résistance totale; dans le cas de n éléments, la résistance sera

$$nR + r \quad \text{et} \quad I = \frac{nE}{nR + r}$$

La disposition adoptée dans ce cas est la disposition *en série* ou *en tension*.

9. — Mais on peut aussi disposer les n éléments d'une autre façon. On peut par exemple réunir tous les pôles

positifs ensemble, tous les pôles négatifs ensemble, puis relier le pôle positif et le pôle négatif de l'un d'eux à la résistance à vaincre.

Dans ce cas le courant qui traverse la résistance extérieure ne traverse pas chacun des éléments. Ici la force électro-motrice ne varie pas puisqu'elle est indépendante de la surface des pôles, mais la résistance diminue puisque le courant peut passer par n éléments au lieu de ne passer que par un seul. Elle devient dans ce cas $\frac{R}{n}$

$$I = \frac{E}{\frac{R}{n} + r} = \frac{nE}{R + nr}$$

Cette disposition porte le nom de disposition *en quantité* ou *en surface*.

Il sera facile, suivant les conditions de l'expérience à réaliser, de voir laquelle de ces dispositions est la préférable.

10. — On peut, reprenant notre comparaison, dire que la disposition en série est analogue à une disposition de pompes qui permettrait d'élever l'eau à des niveaux de plus en plus élevés. Par exemple, si les pompes ont la même puissance, la première élèvera l'eau à un niveau de 10 mètres, la seconde à un niveau plus élevé que la précédente de 10 mètres, et ainsi de suite; de telle sorte qu'avec 5 pompes la différence des niveaux extrêmes est de 50 mètres.

Chaque couple produit un effet analogue : la première produit une différence de tension, de *niveau électrique*, de 10; la seconde de 10 et ainsi de suite; une pile de cinq éléments produira une différence *définitive* de tension de 50.

C'est Volta qui a découvert cette loi qui peut être regardée comme la plus importante de l'électricité.

Dans le cas de la disposition en quantité, la différence de tension reste la même, c'est la quantité d'électricité qui varie; absolument comme lorsque plusieurs pompes sont employées à élever l'eau au même niveau, la différence de niveau reste la même; la quantité seule de l'eau élevée sera augmentée.

11. — Le courant qui traverse un conducteur communique à ce dernier des propriétés extrêmement intéressantes qui toutes ont eu des applications chirurgicales.

Ces propriétés se rattachent à plusieurs ordres de phénomènes : on peut les classer de la façon suivante :

- 1° Propriétés physiques;
- 2° Propriétés chimiques;
- 3° Propriétés mécaniques;
- 4° Propriétés physiologiques;

Nous allons rapidement passer chacune de ces classes en revue.

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

12. — Les propriétés physiques du courant varient avec la nature du conducteur qu'on l'oblige de traverser.

Un courant peut produire :

1° Des effets calorifiques; 2° des effets lumineux; 3° d'autres effets électriques.

13. — *Effets calorifiques.* — Ces effets sont la base de toute une série d'instruments employés en chirurgie et d'une méthode de traitement qui a reçu le nom de *galvanothermie*.

Le chapitre II de ce travail leur est entièrement consa-

cré; aussi me contenterai-je ici d'indiquer les phénomènes. Il faut, pour qu'ils se produisent, que le courant, ayant une intensité suffisante, traverse un conducteur lui offrant une résistance convenable.

Tout fil métallique, assez fin, peut être utilisé pour cette expérience.

Un fil de platine d'un dixième de millimètre et de 50 centimètres de long rougit et fond dans un courant fourni par plusieurs éléments Bunsen. Mais pour que les effets calorifiques puissent être produits, il faut que le conducteur ne soit pas susceptible d'être décomposé, car alors toute la chaleur est employée à la décomposition.

Joule a démontré que la *chaleur dégagée dans un circuit est proportionnelle au produit du carré de l'intensité par la résistance*, chaque portion du circuit prenant une partie de cette chaleur proportionnelle par sa propre résistance.

14. — *Effets lumineux.* — Les effets lumineux sont une conséquence des effets calorifiques. Tous les conducteurs susceptibles d'être portés à une température élevée, sans fondre, pourront produire de la lumière. Un fil de platine fin produira une lumière très vive due à son incandescence; de même une tige mince de charbon. Ces deux phénomènes ont été utilisés dans quelques lampes dites à *incandescence*. Si le courant est obligé de traverser une couche d'air, corps extrêmement mauvais conducteur, il l'échauffera considérablement et produira l'*arc Voltaïque* qui également a été utilisé dans l'éclairage par l'électricité.

Si enfin le courant traverse l'air raréfié, ou tout autre gaz, il produira une lumière beaucoup moins vive, mais dont la forme et la couleur produisent de très beaux effets.

Si enfin on le fait passer dans un vide poussé à sa dernière limite, sur des substances dites phosphorescentes,

comme le diamant ou autres minéraux précieux, on obtient des phénomènes lumineux très beaux que l'on a proposés, mais avec peu de succès, croyons-nous, pour l'éclairage. Les effets lumineux de l'électricité ont été appliqués à la chirurgie pour l'éclairage des cavités profondes; mais les résultats obtenus n'ont pas entièrement répondu aux désirs des chirurgiens. Cette application a été à peu près complètement délaissée, aussi, dans le courant de notre dissertation, ne ferons-nous que l'indiquer.

15. — *Effets électriques.* — Nous comprenons sous cette dénomination, et les *actions magnétiques*, et les *actions électriques proprement dites*.

Nous avons vu, et cette expérience nous a servi pour démontrer la présence du courant, que le courant électrique jouit de la propriété de dévier l'aiguille aimantée de la position d'équilibre. On a démontré par de nombreuses expériences que le phénomène inverse pouvait avoir lieu et que le courant électrique peut donner naissance à des aimants. Il suffit pour cela de faire passer un courant autour d'un barreau, soit d'acier, soit de fer doux. Dans le premier cas, l'aimantation produite par le courant persiste, alors même que ce dernier a cessé; elle disparaît au contraire à peu près complètement dans le cas du fer doux, lorsque le courant cesse de passer. Cette propriété a été utilisée dans une foule d'appareils médicaux dits *magnéto-électriques*, pour la description desquels nous renvoyons aux auteurs classiques de physique ou aux manuels d'électro-thérapie.

Le courant peut aussi produire un autre courant dans un circuit voisin et fermé. Si par exemple nous relions un fil de cuivre aux deux bornes d'un galvanomètre et que nous approchions de lui un autre fil métallique, nous constatons qu'il se produit dans le premier un courant dont le

sens est précisément inverse de celui que nous approchons; si au contraire nous éloignons le fil traversé par le courant, il se produira dans le premier un autre courant de même sens que celui qui s'éloigne. Ces courants ainsi produits sont instantanés et ils ont reçu le nom de *courants induits*; celui qui a servi à les produire le nom de *courant inducteur*. Des règles faciles à retenir permettent de se rendre compte du sens du courant induit. Tout courant qui s'approche ou qui commence, donne naissance à un courant induit, de sens inverse; on dit : *courant inverse*, Tout courant qui finit ou qui s'éloigne donne naissance à un *courant direct* ou de même sens.

Il règne dans les ouvrages d'électro-thérapie une confusion extrême au sujet de ces courants, manque de connaissances précises de ces phénomènes; aussi vais-je entrer dans quelques détails.

Lorsque un courant inducteur agit sur un fil métallique formant circuit fermé, le courant produit, qu'il soit direct, qu'il soit inverse est dit *courant induit de premier ordre*.

Si l'on fait agir à son tour le courant induit de premier ordre sur un autre fil métallique formant circuit fermé, il y produit un courant également instantané qui doit porter le nom de *courant induit de deuxième ordre*. Et ainsi de suite.

Il ne faudrait pas croire toutefois, comme l'ont fait certains inventeurs, que, pour produire un courant induit de deuxième ordre, il suffise de placer le troisième fil conducteur à côté du deuxième, car dans cette disposition on n'obtient, dans les deux fils, qu'un seul courant, celui de premier ordre. En effet les deux fils étant voisins sont également influencés par le courant inducteur.

Il faut, et c'est là une condition absolument indispen-

sable, séparer en deux portions le circuit où l'on produit le courant induit du premier ordre ; l'une sera soumise à l'influence du courant inducteur et servira par conséquent uniquement à la production du courant induit de premier ordre ; quant à la seconde portion, elle doit être aussi éloignée que possible du courant inducteur et agir sur le fil où doit être produit le courant induit de deuxième ordre.

Cette portion du circuit jouera le rôle d'inducteur par rapport au troisième fil.

Habituellement, pour obtenir des courants induits intenses, il faut faire agir l'une sur l'autre des portions de fils considérables. A cet effet, on enroule les fils sur des cadres en bois que l'on peut faire pénétrer l'un dans l'autre.

Un cadre ainsi garni de fils conducteurs, dont chaque spire doit être isolée avec soin, porte le nom de bobine. Dans ce cas l'une sera la bobine *inductrice*, l'autre la bobine *induite*. Souvent aussi et alors les effets obtenus sont beaucoup plus intenses : on enroule ensemble, isolés l'un de l'autre, les deux fils ; l'induit et l'inducteur étant ainsi aussi rapprochés que possible, les courants induits ont toute l'intensité possible.

Ces courants induits sont également employés en chirurgie, en médecine surtout. On se sert pour les produire d'appareils spéciaux que l'on nomme tantôt *dynamo-électrique*, *électro-magnétique*, tantôt encore *appareils d'induction*. Leur nombre est extrêmement considérable ; il n'est pas de constructeur qui n'ait senti le besoin de doter la science et la thérapeutique en particulier d'un appareil d'induction de son invention. Tout en reconnaissant que quelques-uns rendent réellement des services et sont construits suivant les règles les mieux établies de l'électricité,

je dois dire que d'autres, par contre, sont [de véritables non sens physiques.

16. — *Extra-courant*. — Lorsqu'un fil de cuivre isolé se trouve enroulé sous forme de bobine, et traversé par un courant, on constate que, au moment de la rupture, il se produit une étincelle vive entre les deux extrémités des conducteurs séparés.

Des expériences délicates ont démontré que le fil s'induit lui-même; et qu'au moment de la rupture du courant il se produit un courant induit direct, dont l'effet vient s'ajouter au courant inducteur et produire une vive étincelle. Ce courant porte le nom d'*extra-courant*, et a reçu des applications thérapeutiques nombreuses. Mais ici encore les praticiens confondent les termes et appellent *extra-courant* ce qui, en réalité, est un courant induit de premier ordre, et inversement. Pour ne plus faire cette confusion il faut se rappeler que l'*extra-courant se produit toujours dans la bobine inductrice*, le courant induit de n'importe quel ordre se produisant dans une bobine autre que la bobine inductrice.

17. — *Effets chimiques*. — Ils consistent surtout dans la décomposition des corps composés. Cette action du courant électrique a reçu des applications importantes en chirurgie.

Nous leur consacrerons tout un chapitre; aussi n'insisterons-nous pas pour le moment.

18. — *Effets mécaniques*. — Les effets mécaniques du courant consistent dans des attractions et des répulsions exercées sur un courant voisin. On peut aussi classer parmi les effets mécaniques du courant le transport de particules solides.

Si, dans un tube horizontal rempli d'eau légèrement

Doumer.

3

acidulée, on met un globule de mercure, on constate que si l'on fait passer un courant, le globule de mercure se déplace dans le sens même du courant.

Un autre effet mécanique qui reçoit une application importante en chirurgie, est celui découvert par Porret et que les savants ont étudié sous le nom d'*endosmose électrique*.

Nous avons montré dans un travail sur l'osmose des liquides (1) qu'il n'y avait absolument rien d'osmotique dans ce phénomène et qu'il convenait de le désigner sous le nom de transport par l'électricité.

Si dans une auge séparée en deux portions par une feuille de parchemin ou une lame en grès, on met de l'eau, légèrement acidulée ; si ensuite on fait passer un courant en mettant l'une des auges en communication avec le pôle négatif, on constate que le niveau, que nous supposons le même au début de l'expérience, dans les deux auges, varie : qu'il s'abaisse au pôle positif et s'élève au pôle négatif. Il y a donc eu un véritable transport de matière à travers les pores du papier dans le sens du courant. Nous reviendrons du reste plus loin sur ce phénomène et le décrirons plus en détail.

19. — Viennent enfin les effets physiologiques.

Ils varient suivant les tissus qu'ils traversent. On peut dire qu'en général ils produisent une exagération fonctionnelle.

S'ils traversent les nerfs, ils produisent, soit des effets moteurs, sensitifs ou sensoriels suivant la nature du nerf considéré. Dans les muscles ils produisent la contraction.

(1) Etude sur l'osmose des liquides, par le Dr Doumer, 1881. Bordeaux.

Les applications des propriétés physiologiques des courants ont surtout trait à la médecine ; aussi n'en sera-t-il question ici que d'une manière accessoire.

BIBLIOGRAPHIE.

Nous ne pouvons pas ici donner la liste complète des auteurs qui ont traité de l'électricité ; il faudrait pour cela un volume entier. Nous renvoyons aux traités classiques de physique et aux traités d'électricité et de physique médicale : ceux de Becquerel et de Gavarret méritent une mention spéciale.

CHAPITRE II.

De la galvano-thermie.

1. — Encore appelée par certains auteurs *galvano-caustique* ou *galvanocaustie*, par d'autres *galvano-caustique thermique*, elle est fondée sur la propriété que possèdent les courants, d'élever la température dans des proportions considérables, des portions de circuit qui lui présentent une résistance convenable.

2. — Avant d'entrer dans les détails des appareils et des piles employés, il est, je crois, utile d'indiquer la théorie du phénomène, et de bien définir mathématiquement les conditions nécessaires que doivent remplir, soient les piles, soient les appareils destinés à être portés à une température élevée.

3. — Joule a démontré que la quantité de chaleur dégagée dans un conducteur donné, et dans l'unité de temps, est proportionnelle au produit de la résistance par le carré de l'intensité du courant.

Si Q représente cette quantité de chaleur,

R la résistance du conducteur,

I l'intensité du courant,

on a :

$$Q = K r I^2$$

K étant une constante que les expériences de Favre et les travaux de Joule ont démontré égale à l'inverse de l'équivalent mécanique de la chaleur.

$$K = \frac{1}{425}$$

Si l'on représente par r la résistance du conducteur et par R la résistance du reste du circuit, y compris la pile, on aura :

$$I = \frac{E}{R + r}$$

Et,

$$Q = K \frac{r}{(R + r)^2} E^2$$

Telle est la formule définitive qui nous permettra d'entreprendre la discussion.

— Trois termes peuvent varier : r , R et E .

Influence de la force électro-motrice.

4. Voyons d'abord les résultats auxquels on arrive lorsque E varie, r et R étant supposés constants. La quantité de chaleur dégagée est alors proportionnelle au carré de la force électro-motrice de l'élément. Il semblerait donc à prime abord qu'il y ait tout intérêt à augmenter la force électro-motrice ; mais il faut tenir grand compte de la résistance de l'élément, et nous allons voir bientôt que c'est pour ainsi dire elle seule qui doit entrer en ligne de compte dans le choix de la pile.

Toutefois, à résistance intérieure égale, il sera toujours avantageux d'employer l'élément dont la force électro-motrice sera la plus considérable.

Soient, en effet, deux éléments ayant l'un et l'autre une résistance intérieure égale à 0^{ohm} , 5, mais le premier une force électro-motrice $E = 1,6$ le second $E = 0,4$:

10 éléments du premier pourront, en 30 secondes, élever de 707° la température d'un fil de platine de 1^m/_m de diamètre sur 0^m, 20 de longueur. 10 éléments du second, dans les mêmes conditions, n'élèveront la température que de 370°.

Cet exemple suffit pour démontrer l'influence de la force électro-motrice de l'élément, mais, je le répète, ce n'est point là la seule condition à considérer.

Influence de la résistance intérieure de l'élément.

5. — Nous pouvons, pour la facilité de l'exposition, supposer nulles les résistances des conducteurs qui réunissent les pôles de la pile avec le fil à rougir : on se rapproche facilement de cette condition en prenant des fils de cuivre de grand diamètre ; alors R représente exclusivement la résistance de l'élément.

Si nous supposons E ayant une valeur constante, la valeur de Q dépendra de la valeur que prendra la fraction $\frac{r}{(R+r)^2}$.

Or dans $\frac{r}{(R+r)^2}$, le numérateur étant supposé constant, la valeur de la fraction dépendra de la valeur de R. Si R augmente, le dénominateur augmentant, la fraction diminue ; Q par conséquent diminue. Si R diminue la fraction augmente et Q augmentera. Du reste, il est facile de démontrer par quelques chiffres la vérité de cette assertion.

$$\begin{aligned} \text{Si } r = 0,5 \text{ R} &= 0,30 \frac{r}{(R+r)^2} = 0,781 \\ \text{» } R &= 0,25 \frac{r}{(R+r)^2} = 0,889 \end{aligned}$$

$$R = 0.20 \frac{r}{(R+r)^2} = 1,020$$

$$R = 0.10 \frac{r}{(R+r)^2} = 1,380$$

Il a donc un rapport inverse entre la quantité de chaleur produite et la résistance intérieure de la pile. Lorsque cette dernière diminue, la quantité de chaleur augmente. Il y a donc lieu de choisir, entre les éléments dont la force électro-motrice est la même, celui dont la résistance est la plus faible.

L'idéal d'une pile pour la galvano-caustique thermique serait donc une pile d'éléments dont la force électro-motrice serait très grande, la résistance intérieure étant très faible.

Disposition des Éléments.

6. — Deux procédés se présentent donc pour augmenter la chaleur dégagée, soit *augmenter la force électro-motrice d'une pile*, soit *en diminuer la résistance*.

Ces deux procédés ne sont pas également bons. Voyons celui auquel nous devons donner la préférence.

Un élément étant choisi, celui par exemple dont la force électro-motrice est la plus considérable, si nous voulons encore l'augmenter, il faut associer plusieurs éléments en tension ; mais si la force électro-motrice est augmentée, la résistance l'est également et précisément dans les mêmes proportions. La force électro motrice, devenant deux fois plus grande, la résistance sera deux fois plus forte ; la quantité de chaleur sera augmentée d'un côté, mais diminuée de l'autre ; en définitive, il est vrai, elle sera augmentée.

Lorsqu'on diminue la résistance, la force électro-motrice

reste constante ; la quantité de chaleur dégagée sera donc augmentée par le fait.

Comme on le sait, on augmente la force électro-motrice en prenant plusieurs éléments et les disposant en série.

On diminue la résistance en les disposant au contraire en quantité. A priori il est difficile de dire quel est, des deux procédés, celui qui est le meilleur.

7. — La discussion de la formule va nous permettre de le faire avec une grande facilité.

$$Q = K \frac{r}{(R+r)^2} E^2 = Kr \frac{E^2}{(R+r)^2}$$

Sous cette dernière forme on voit que si r est supposé constant, Q dépend de $\frac{E^2}{(R+r)^2}$. Or, $\frac{E^2}{(R+r)^2}$ varie comme $\frac{E}{R+r}$

Si nous prenons n éléments de force électro-motrice E , et de résistance R , r représentant la résistance du circuit extérieur à la pile,

(1) $I = \frac{E}{R + \frac{r}{n}}$ représente la formule de l'intensité du courant lorsqu'ils sont disposés en série.

(2) $I' = \frac{E}{\frac{R}{n} + r}$, l'intensité lorsqu'ils sont disposés en quantité.

Suivant que I ou I' sera plus fort, il sera plus avantageux d'employer la disposition de la formule (1) ou celle de (2)

Le rapport de I à I' une fois la simplification faite se ramène à l'expression :

$$\frac{I}{I'} = \frac{R + nr}{nR + r}$$

Si $R = r$, $I = I'$

Si $R < r$, $I > I'$

Si $R > r$, $I < I'$

Ce qui veut dire :

1° Lorsque la résistance du circuit extérieur est égale à la résistance propre de l'élément, l'intensité du courant ou $\frac{E}{R + r}$ est la même, que l'on dispose les éléments en série ou en surface.

2° Si la résistance extérieure est plus grande que la résistance de l'élément, I est plus grand que I' ; il y a avantage à employer la disposition en série.

3° Enfin lorsque la résistance extérieure est plus faible que la résistance de l'élément, c'est I' qui a la plus grande valeur et alors il est indiqué d'employer la disposition en surface.

À l'appui de ces trois conclusions, voici des exemples qui feront voir l'influence sur $\frac{E}{R + r}$ et par conséquent sur Q , du rapport qui existe entre R et r .

8. — Soient trois couples différents.

	E en Volt.	R en Ohms.
1° Couple Reynier.....	1.35	0.075
2° Couple Carré (cylindrique).....	1.06	0.12
3° Couple Daniell (grand modèle),...	1.06	2.80

Prenons une résistance extérieure = 0^{ch}, 12, ce qui se présente souvent en galvanocaustique.

Prenons, de plus, pour que la comparaison soit facile, quatre éléments de chaque, que nous disposerons, soit en tension, soit en quantité.

Doumer.

I. Quatre couples Reynier :

$$r = 0.12; \quad R = 0.075 \quad r > R$$

$\alpha/$ en série :

$$\frac{E}{R + \frac{n}{r}} = \frac{1.35}{0.075 + 0.03} = 1.28$$

$\beta/$ en surface :

$$\frac{E}{\frac{R}{n} + r} = \frac{1.35}{0.019 + 0.12} = 0.9$$

Ici $r > R$; et conformément à ce qu'indique la théorie, la disposition en série est préférable.

II. Quatre couples Carré :

$$r = 0.12 \quad R = 0.12 \quad r = R$$

$\alpha/$ en série :

$$\frac{E}{R + \frac{n}{r}} = \frac{1.06}{0.12 + 0.03} = 7.07$$

$\beta/$ en surface :

$$\frac{E}{\frac{R}{n} + r} = \frac{1.00}{0.03 + 0.12} = 7.07$$

Ici $r = R$; et conformément à la théorie il est absolument indifférent d'employer l'une ou l'autre des dispositions.

III. Quatre couples Daniell :

$$r = 0.12 \quad R = 2.80 \quad r < R$$

α / en série :

$$\frac{E}{R + \frac{r}{n}} = \frac{1.06}{2.80 + 0.03} = 0.35$$

β / en surface :

$$\frac{E}{\frac{R}{n} + r} = \frac{1.06}{0.70 + 0.12} = 1.29$$

Ici enfin $r < R$ et il faut adopter la disposition en quantité.

9. — En pratique, on ne peut donc pas dire d'une manière générale laquelle des deux positions est la préférable ; aussi faut-il bien se garder d'attribuer une valeur à la règle indiquée dans les ouvrages d'électrothérapie suivant laquelle en galvanocaustique il faut toujours employer les éléments en surface.

La règle n'est pas et ne peut pas être invariable ; elle dépend essentiellement du couple choisi, comme le montrent les exemples précités. Il faut tenir uniquement compte des résistances de l'élément et du circuit extérieur. Si cette dernière est représentée par la résistance propre du galvanocautère, c'est-à-dire si on néglige, et on le peut, la résistance des fils qui relient le galvanocautère aux pôles de la pile, on peut établir les trois règles suivantes :

1° Si la résistance de l'élément est la même que celle du galvanocautère, il est absolument indifférent d'employer

les éléments en série ou en surface. Le choix ne sera fixé que par la commodité.

2° Si la résistance du galvanocautère est moindre que la résistance de l'élément, il faut employer le groupement en quantité.

3° Enfin si la résistance du galvanocautère est plus grande que la résistance de l'élément, il faudra employer le groupement en série.

Telle sont les règles pratiques qui dérivent de la théorie. On est loin, on le voit, de cette règle unique admise sans conteste par presque tous les ouvrages classiques, qu'il faut dans tous les cas employer les éléments en quantité.

Influence de la résistance du galvanocautère.

10. — Reste enfin, pour avoir terminé la discussion complète, à voir quelle valeur prendra la formule lorsque r variera, et les conditions que doit réaliser la résistance extérieure, pour que la quantité de chaleur dégagée soit maxima. E

et R étant supposés constants, la formule $Q = K \frac{r}{(R+r)^2} E^2$

dépendra de la fraction $\frac{r}{(R+r)^2}$, augmentera et diminuera avec elle.

Cherchons les diverses valeurs que peut prendre la fraction lorsqu'on fait varier r .

Le dérivé de cette fraction sera :

$$\frac{R^2 + 2Rr + r^2 - 2r^2 - 2Rr}{(R+r)^4}$$

qui, après simplification, devient

$$\frac{R^2 - r^2}{(R + r)^4}$$

son signe ne dépendra que du numérateur :

sera positif si $R > r$,

négalif au contraire si $R < r$.

Or le signe de la dérivée étant positif, la fonction sera croissant : donc $\frac{r}{(R + r)^2}$ augmentera pour $R > r$.

Le signe de la dérivée étant négatif, la fonction sera décroissant et $\frac{r}{(R + r)^2}$ diminuera pour $R < r$.

Le maximum existera pour $R = r$, c'est-à-dire que cette condition étant remplie la valeur du terme $\frac{r}{(R + r)^2}$ sera la plus grande possible.

11. — Soit en effet un élément de pile dont $R = 0,2$, la résistance du galvanocautère étant $r = 0,5$.

		$\frac{r}{(R + r)^2} = 1.02$
$R = 0.2$	$r = 0.35$	$\frac{r}{(R + r)^2} = 1.16$
$R = 0.2$	$r = 0.30$	$\frac{r}{(R + r)^2} = 1.20$
$R = 0.2$	$r = 0.25$	$\frac{r}{(R + r)^2} = 1.23$
$R = 0.2$	$r = 0.20$	$\frac{r}{(R + r)^2} = 1.25$
$R = 0.2$	$r = 0.15$	$\frac{r}{(R + r)^2} = 1.22$
$R = 0.2$	$r = 0.10$	$\frac{r}{(R + r)^2} = 1.11$

Ce tableau démontre que $\frac{r}{(R + r)^2}$ atteint un maximum qui est bien celui indiqué par la théorie lorsque $R = r$.

Cette conclusion a son importance dans le cas du galvanocautère à résistance fixe. Il est facile alors de voir que R dépend de la valeur de r et lui est subordonné. — Si r augmente, R doit augmenter également.

12. — En pratique, cette relation peut être mise à profit, mais d'une manière différente. Il peut arriver en effet, si la force électro-motrice de la pile est considérable, il peut arriver, dis-je, que le maximum de chaleur dégagée soit trop considérable et puisse fondre le fil ; on peut alors, en posant $r = R$ dans la formule générale, chercher la force électro-motrice nécessaire pour produire l'effet voulu et choisir un élément approprié.

Si, par exemple, il s'agit de porter au rouge un fil de platine offrant une résistance de $0^{\text{ohm}},22$, il faudra choisir un élément dont la résistance intérieure aura la même valeur. On peut choisir entre :

	E.	R.
Le Bunsen (hauteur 0.20)...	1.80	0.25
Le Thomson de 12 dmq....	1.06	0.22
Le Baudet.....	2.00	0.22

Mais, tous calculs faits, on trouvera par exemple que le Baudet a une force électromotrice trop forte, le Thomson trop faible, que le Bunsen seul satisfait entièrement aux conditions exigées.

C'est donc cet élément qu'il conviendra de choisir.

13. — On peut encore à l'aide de cette même condition déterminer d'une manière exacte la longueur du fil de platine qu'un couple donné peut porter à une température déterminée. Il suffira pour cela de connaître la résistance intérieure de l'élément et de mesurer une longueur de fil de platine dont la résistance lui soit précisément égale.

Ceci peut avoir son utilité dans le cas de l'anse galvanique pour déterminer le maximum de longueur que l'on peut donner à l'anse pour l'élément que l'on a à sa disposition, à la condition, par exemple, d'en connaître les constantes avec beaucoup d'exactitude.

Mais il ne faudrait pas croire, comme on serait tenté de le faire à prime abord, que la même relation pourra servir pour déterminer quelles sont les variations que doit subir la résistance de l'élément lorsque la résistance du fil varie.

Lorsque dans le cas de l'anse galvanique on diminue la longueur du fil, on diminue par le fait la résistance extérieure ; il ne faudrait pas croire toutefois qu'il faille faire varier dans le même sens et de la même quantité la résistance de l'élément.

Si, en effet, la résistance r diminue et devient r' , si, de plus, nous nous astreignons toujours à la condition $R = r$, nous aurons :

$$\begin{aligned} Q &= \frac{r}{4r^2} = \frac{1}{4r} \quad \text{aux constantes près} \\ Q' &= \frac{r'}{4r'^2} = \frac{1}{4r'} \\ \frac{Q}{Q'} &= \frac{r'}{r} \end{aligned}$$

c'est-à-dire que les chaleurs produites varient en raison inverse de la résistance ; si la résistance diminue, la chaleur augmente. Il se pourrait, on le conçoit facilement, que la chaleur soit assez forte pour fondre le fil.

Par conséquent, lorsque dans l'anse galvanique nous diminuons la longueur du fil, il ne faut pas diminuer la résistance de l'élément, sans quoi nous pourrions amener la fusion de l'anse.

Pour que la quantité de chaleur produite diminue ce qui est nécessaire, puisque la masse du platine chauffée diminue, il faut au contraire augmenter la résistance de la pile et l'on y parvient, soit à l'aide d'appareils spéciaux que nous allons étudier dans un instant sous le nom de modérateurs, soit en soulevant plus ou moins hors du liquide les deux électrodes.

14. — A ce phénomène se rattache la fusion des fils que les chirurgiens ont observée depuis longtemps et que M. Regnauld, dans deux mémoires du plus haut intérêt, a étudiée avec beaucoup de soins.

Lorsque l'anse galvanique, étant portée au rouge, on la plonge dans les tissus, la portion plongée se refroidit, et par conséquent sa résistance diminue. Alors on voit dans certains cas la partie extérieure du fil devenir plus incandescente et fondre.

On peut se rendre compte de ce fait par la discussion de la formule :

$$Q = \frac{r}{(R + r)^2}, \text{ toujours aux constantes près.}$$

Supposons que la quantité de chaleur dégagée soit maximum, il y aura, par conséquent, égalité entre R et r et la formule deviendra :

$$Q = \frac{r}{4 r^2}$$

Si r diminue et devient r', R restant toujours le même :

$$Q' = \frac{r'}{(r + r')^2}$$

Il suffit, pour connaître la relation qui existe entre Q' et r', de prendre la dérivée de cette fraction.

$$\frac{r^2 + 2rr' + r'^2 - 2rr' - 2r'^2}{(r + r')^2} = \frac{r^2 - r'^2}{(r + r')^2}$$

Lorsque $r > r'$ le signe de la dérivée sera positif, et par conséquent la fonction sera croissante. *Lorsque la résistance diminuera, la quantité de chaleur augmentera*, la résistance de l'élément ne variant pas, bien entendu.

C'est là ce qui explique la fusion du fil dans l'anse galvanique.

DE LA PILE.

15. — Après avoir déduit avec soin de la formule générale de Joule les conditions que doivent remplir la pile d'une part, et le galvano-cautère de l'autre; il nous reste à entrer dans quelques détails sur ces deux appareils, et sur la manière dont les divers constructeurs ont cherché à se rapprocher des conditions théoriques.

Mais il ne suffit pas d'avoir un courant et des appareils propres à transformer son énergie en chaleur; il faut encore, et c'est là une condition essentielle, savoir modérer et approprier aux besoins l'énergie de la pile: c'est le rôle du modérateur. Immédiatement après la pile nous traiterons la question du modérateur aussi brièvement que possible, insistant surtout sur le procédé le plus simple et le plus généralement employé, pour faire varier, au gré de l'opérateur, l'intensité du courant.

16. — Je ne décrirai pas toutes les piles qui ont été employées, et qui le sont encore aujourd'hui; ma tâche sera plus restreinte.

Ce que j'ai dit dans la partie mathématique de ce chapitre a déjà fait comprendre que toutes les piles sont bonnes et peuvent être employées dans la galvano-caustique thermi-

Doumer.

que. Le tout est de bien déterminer au préalable les conditions dans lesquelles leur emploiera le plus avantageux.

Toutefois, en pratique, il convient de tenir compte de certaines conditions accessoires dont nous n'avons pas encore parlé et qui trouvent ici leur place.

17. — La pratique chirurgicale n'est pas seulement limitée aux grands hôpitaux où l'emplacement est suffisant pour établir des batteries considérables ; il faut aussi fournir au praticien, surtout à celui de la campagne, un appareil propre à être transporté, par conséquent peu encombrant. Il faut de plus que les soins à donner ne soient pas trop difficiles ou trop longs ; en un mot il faut une pile, qui sous le plus petit volume, et avec le moins de désagréments possible, produise les effets demandés.

18. — Pendant longtemps on a employé les piles de Grove, de Sturgeon et de Daniell. Mais depuis quelques années les praticiens paraissent avoir adopté, en France du moins, la pile de Grenet, au bichromate de potasse plus ou moins modifiée. Quoique très imparfaite, c'est elle en effet qui jusqu'à ce jour a le mieux rempli les conditions exigées.

19. — Les piles au bichromate de potasse en général possèdent une force électro-motrice considérable qui peut varier de 1^v,78 à 2^v,00 suivant le modèle adopté. Elle varie du reste pour un élément avec la température du liquide et surtout par le fonctionnement. Le maximum correspond aux premières minutes ; mais après un temps qui varie entre 10 et 20 minutes la force électro-motrice diminue rapidement. Preece, avec l'élément de Byrne, très usité en Angleterre, a fait des recherches sur l'action de la température et trouvé ce fait, que le tableau suivant démontre

avec netteté : que la force électro-motrice augmente avec la température du liquide.

Température.	E en Volt.
26.66	1.87
37.77	2.03
48.88	2.07
60.00	2.13

Au delà de cette température jusqu'au degré de l'ébullition du liquide, la force électro motrice reste constante.

Il semblerait donc qu'il y aurait avantage à chauffer la pile. Cette précaution d'ailleurs n'est pas indispensable, car par son fonctionnement normal et par les phénomènes chimiques accessoires qui se passent dans le liquide, la température ne tarde pas s'élever sensiblement.

20. — La résistance de l'élément varie dans des limites très étendues. Elle dépend en effet 1° de la distance de deux électrodes et augmente rapidement avec leur écartement. Or cette distance est variable avec le type adopté. 2° Avec la composition du liquide, et il y en plusieurs formules. D'ailleurs la composition n'est pas constante ; elle varie, que le circuit soit ouvert ou bien qu'il soit fermé, plus rapidement il est vrai dans ce dernier cas. 3° Avec la température du liquide, M. Preece a fait également quelques recherches à ce sujet et il a montré que la résistance diminue à mesure que la température s'élève.

Voici quelques résultats obtenus avec l'élément Byrne.

Température.	R en Ohm.
26.66	0.78
48.88	0.35
60.00	0.24
82.22	0.17
93.33	0.14

La résistance, comme on le voit, diminue très rapidement.

Dans la pile de Grenet, et dans les modifications françaises, la distance des deux électrodes est aussi faible que possible, de plus, elle est rendue constante par la disposition du zinc que l'on place entre deux lames de charbon parallèles.

21. — Parmi les nombreuses modifications de la pile de Grenet, je ne décrirai que la pile construite spécialement pour la galvanothermie par M. Chardin. Elle réunit, en effet, presque tous les avantages des piles analogues plus anciennes et en présente quelques-uns de nouveaux qui la rendent éminemment pratique.

Elle est contenue dans une boîte dont le couvercle et la paroi antérieure se rabattent à charnières. Une armature métallique située au centre soutient une tablette horizontale et permet son élévation ou son abaissement à l'aide d'une vis qui tourne sans avancer et passe en son centre. Aux deux extrémités et à la face inférieure de la tablette se trouvent, de chaque côté, *trois* plaques de zinc et *quatre* de charbon, distantes les unes des autres de 5 à 6 millimètres en moyenne. Ces plaques ont une surface de 14 centimètres carrés. Elles laissent, entre l'armature métallique du centre et les extrémités, un large espace vide où l'inventeur a disposé une lame épaisse de caoutchouc.

Le tout étant fixé à la tablette, la suivra dans ses mouvements d'ascension et de descente.

Quatre vases en ébonite sont disposés dans la boîte, deux de chaque côté; un grand, qui contient le liquide, et qui à l'état de repos est situé à côté de l'armature métallique, est hermétiquement bouché par la lame de caoutchouc; un plus petit situé au-dessous des plaques de zinc

et de charbon. Veut-on mettre la pile en activité? on soulève avec la planchette les plaques de zinc et de charbon et la lame de caoutchouc. Le vase contenant la solution acide se trouve ainsi ouvert; on porte ce dernier à la place du vase de plus petite dimension, et celui-ci à la place laissée vide. On abaisse alors lentement les plaques qui viennent ainsi plonger dans le liquide acide.

Chaque grand vase contient donc un couple à très large surface, dont on peut recueillir le courant à l'aide de bornes que l'on voit à la face supérieure de la planchette mobile.

On peut d'ailleurs utiliser le courant des deux éléments en les associant en série.

Lorsque l'opération est finie, il suffit de disposer les pièces de l'appareil comme elles étaient avant la mise en activité. De cette façon, la pile ne peut pas se polariser car généralement elle ne fonctionne que durant un temps très court.

Les avantages de cette disposition ressortent de sa description même. L'appareil est peu volumineux, facilement transportable. La vis permet de descendre les plaques aussi lentement qu'on le désire, on peut ainsi éviter les projections de liquide acide; grâce à elle on peut augmenter ou diminuer la résistance intérieure de la pile avec la plus grande facilité.

La force électro-motrice de l'élément est sans doute la même que la force électro-motrice des autres éléments au bichromate.

Quant à la résistance, elle doit être très faible, vu le rapprochement des lames de zinc et de charbon, vu aussi leur grande surface.

22. — Malgré les grands avantages que présente cette

disposition, je lui ferai quelques reproches qui me paraissent fondés. C'est d'abord l'immobilité absolue des lames de zinc et de charbon qui ne permet pas facilement de les nettoyer et de les remplacer.

Mais le plus grave de tous est celui de ne pas être accompagné de ses constantes. C'est là, du reste, une lacune regrettable dans presque toutes nos piles médicales ; aucune ou presque aucune n'a été étudiée au point de vue de sa résistance et de sa force électro-motrice. Il est regrettable que nos constructeurs, si soigneux à tous autres égards, laissent complètement de côté des données absolument indispensables et qui permettraient de doser le courant, comme on dose les autres éléments de la thérapeutique.

23. — La disposition inventée par M. Chardin n'est pas, du reste, la seule bonne. La modification de M. Trouvé, celle de M. Amussat, sont aussi avantageuses ; mais il n'entre pas dans le cadre de ce travail de faire la description de ces piles.

24. — Nous pouvons maintenant nous poser cette question : l'emploi de la pile au bichromate est-il avantageux ? Quel doit-il être pour que le courant soit le mieux employé ?

La réponse à la première question est préjugée d'avance par le grand succès de la pile. Grâce à sa grande force électro-motrice et à sa faible résistance, la pile au bichromate fournit un courant d'une grande intensité. De plus, son maniement facile, son entretien peu coûteux, son faible volume, l'absence de dégagement gazeux, la rendent éminemment propre aux services médicaux. Elle a contre elle son peu de constance, mais en chirurgie il est rare qu'on ait besoin d'un courant de longue durée, surtout dans le cas

où la galvano-caustique thermique est indiquée. Je ne connais qu'une seule pile qui pourrait lutter avec avantage contre la pile au bichromate. Ce serait celle de M. Reynier, dans laquelle $E=1,5$, $R=0,16$ pour un élément de 0^{ca},30. Mais je ne crois pas qu'il ait été fait des applications chirurgicales de cette pile; je n'ai donc pas à insister davantage.

25. — Pour répondre à la deuxième question, il suffit de comparer la résistance de la pile à la résistance extérieure. Si cette dernière est moindre que 0,24 (résistance moyenne de la pile au bichromate) il est plus avantageux d'employer la disposition en quantité. C'est du reste le cas qui se présente le plus souvent. Mais si la résistance extérieure, devenait supérieure à 0,24, il faudrait alors employer le groupement en série.

26. — Je résume les règles qui ont trait à l'emploi des piles thermiques galvano-caustiques.

1° Choisir un certain nombre d'éléments dont la force électro-motrice soit la plus grande et la résistance la plus possibles.

2° Les grouper en série, si la résistance extérieure est plus grande que la résistance de l'élément.

3° Les grouper en surface si la résistance extérieure est moindre que la résistance de l'élément : c'est là le cas le plus habituel.

4° Si enfin ces deux résistances sont égales, le mode adopté pour la disposition des couples est absolument indifférent.

DU MODÉRATEUR.

27. — Lorsque la longueur du galvano-cautère reste invariable, l'intensité du courant une fois réglée doit elle-

même rester invariable. — Mais il n'en est plus de même si l'on se sert de l'anse galvanique dont la longueur varie dans des proportions souvent considérables. La théorie indique et la pratique démontre qu'il est absolument indispensable de diminuer l'intensité du courant à mesure que l'on diminue l'anse galvanique.

28. — Divers procédés ont été proposés à cet effet; peu remplissent convenablement ce rôle. Ils sont tous fondés sur l'augmentation de la résistance du circuit. En effet, la formule de l'intensité montre qu'elle est proportionnelle à la force électro-motrice et inversement à la résistance totale; il n'est pas facile de diminuer la force électro-motrice surtout lorsque les éléments sont associés en quantité; mais en revanche on peut, avec la plus grande facilité augmenter la résistance; l'effet est absolument le même.

29. — On peut augmenter la résistance du circuit de deux façons: soit en augmentant la résistance de la portion extérieure, soit en augmentant la résistance de la pile elle-même. Pour remplir le premier but, il faut recourir à un instrument spécial. Tantôt on a proposé une colonne de liquide dont on pourrait augmenter ou diminuer la longueur à volonté. Bœckel, de l'ancienne faculté de Strasbourg, a imaginé un appareil qui permet en quelque sorte la graduation du courant. La partie importante consiste dans deux fils d'argentan parallèles et ne se touchant pas.

Chacun d'eux a 50 mètres de longueur. Ils sont mis en communication, l'un avec le pôle négatif, l'autre avec le conducteur qui, partant du pôle positif, a déjà actionné le galvano-cautère.

Une pièce métallique peut être placée à la fois sur les deux fils et par conséquent fermer le circuit. Si elle est placée près de l'extrémité où se trouvent attachés les reo-

phores ; le courant n'éprouvera pas grande résistance ; mais si elle est placée à l'autre extrémité, le courant devra traverser les deux fils, soit 100 mètres d'argentan, qui conduit assez mal l'électricité, et par conséquent son intensité sera diminuée. — En plaçant la pièce métallique à des distances plus ou moins grandes de l'extrémité où sont attachés les réophores, on pourra diminuer plus ou moins l'intensité du courant.

Pour restreindre les dimensions de l'appareil, l'inventeur a replié les fils un grand nombre de fois (50) sur eux-mêmes ; le tout est fixé sur une planchette.

Ce modérateur, qui peut rendre de réels services, surtout lorsque les praticiens s'astreindront à ne plus employer l'électricité au hasard, n'est pas d'un emploi fréquent ; du reste, il a eu à lutter dès ses débuts avec les procédés plus simples que nous allons décrire maintenant.

30. — Il est plus facile et plus simple de faire varier la résistance de la pile ; Middeldorpf avait inventé un système de commutateur, qui, par un mouvement rapide, permettait de changer le mode d'association des piles. Ce procédé, qui d'ailleurs a été le seul en usage pendant longtemps, est très imparfait, car il fait varier trop brusquement la résistance du circuit. Et puis il n'est pas applicable à tous les éléments ; dans le cas particulier où la résistance de l'anse galvanique est la même que celle de l'élément, il ne sera d'aucun effet. Un autre procédé qui ne peut être employé que pour les piles au bichromate repose sur une observation de Grenet. Lorsque la pile au bichromate est affaiblie il suffit, pour rendre au courant son intensité, de faire passer un courant d'air dans le liquide. Broca a fait construire une pile spécialement pour la galvanothermie, dans

Doumer,

6

laquelle on pouvait facilement insuffler de l'air. A mesure que l'anse galvanique diminuait de longueur, le courant d'air passait de plus en plus rarement et l'intensité du courant diminuait. Actuellement on se contente de plonger plus ou moins les lames de zinc et de charbon. Avec les dispositifs donnés aux piles d'Amussat, de Trouvé et de Chardin, rien n'est plus facile, et l'on pourrait même graduer la résistance de la pile avec la plus grande facilité. Ce procédé a, sur le précédent, l'avantage d'être général et de pouvoir être appliqué à tous les autres éléments de pile. Il est préférable à tous les systèmes imaginés, car à la simplicité il joint l'économie des électrodes, ce qui est à considérer dans la pratique : tandis que tous les autres procédés ont le désavantage de laisser produire, pendant toute la durée du fonctionnement, la même quantité de travail chimique et de n'en utiliser qu'une partie de plus en plus faible, celui-ci au contraire ne produit que juste le travail nécessaire ; d'ailleurs il est susceptible d'une aussi grande précision que celui de Boeckel en particulier.

DES INSTRUMENTS EMPLOYÉS EN GALVANO-CAUSTIQUE
THERMIQUE.

31. — Je n'ai pas la prétention de passer en revue et de décrire tous les instruments que les opérateurs ont imaginés pour utiliser sur tel ou tel organe particulier la chaleur produite par le courant. Au point de vue physique, ils se rapportent tous à deux types différents.

1° Instruments dont la longueur est invariable, dont le galvanocautère proprement dit est le véritable type.

2° Instruments dont la longueur peut varier au gré de

l'opérateur. L'anse galvanothermique représente ce genre d'appareils.

Nous allons sommairement décrire ces deux sortes d'instruments et en donner la théorie.

32. — *Du galvanocautère.* — Le galvanocautère se présente sous plusieurs formes ; tantôt il est formé d'un ruban mince et large de platine ; tantôt c'est un fil de platine faisant un angle très aigu dont les deux branches sont séparées par un isolant ; tantôt un simple fil de platine placé dans les tissus, tantôt un fil de platine enroulé en spirale sur un bouton en porcelaine qu'il est destiné à échauffer ; mais le principe est toujours le même.

Quelle que soit leur forme, ils sont tous portés sur un manche isolant auquel ils peuvent être adaptés. Ce manche qui se trouve décrit dans tous les traités d'électro-thérapie a pour but de soustraire l'opérateur à l'action du courant qu'il ne manquerait pas de ressentir s'il touchait à la fois les deux fils conducteurs. Il présente de plus l'avantage de pouvoir ouvrir ou fermer le circuit à volonté. Pour cela l'un des gros fils de cuivre qu'il contient est sectionné, et, le circuit étant ouvert, les deux surfaces de section ne sont pas en contact. Mais un bouton qui fait saillie sur le côté du manche permet facilement de les rapprocher et de les maintenir au contact, à l'aide d'un dispositif qu'il est plus aisé de comprendre à simple vue que de décrire, permet de lui adapter toutes les formes différentes que l'on donne au galvanocautère.

33. — Parmi les nombreux instruments que l'on a inventés, je ne citerai que les plus importants et les plus fréquemment employés.

Le galvanocautère à bec d'oiseau.

Le galvanocautère à bouton de porcelaine.

Le couteau galvanique.

34. — Tous ces instruments ne sont pas également bons dans la pratique. Le *galvanocautère en bec d'oiseau*, destiné à être plongé dans les tumeurs vasculaires, est extrêmement commode ; il n'exige pas un courant bien intense, et peut être porté facilement au rouge en moins d'une seconde. C'est un instrument qui mérite d'être conservé.

35. — Le *couteau galvanique* est un ruban de platine large de 3 à 4 millimètres, mais extrêmement mince ; il est courbé dans le sens de son tranchant, soit sous forme de demi-cercle, soit mieux sous forme de demi-ellipse ; le couteau divise les tissus comme le bistouri le mieux affilé, il ne produit pas la moindre cautérisation : aussi le sang coule-t-il même par les plus petites artères. Malheureusement cet instrument se refroidit très vite et l'on est obligé de le retirer des tissus pour le porter de nouveau au rouge. Ses applications sont extrêmement restreintes ; toutefois il peut rendre quelques services comme adjuvant de l'anse galvanique.

Le *galvano-cautère à bouton de porcelaine*, imaginé par Middeldorff, est d'un usage de plus en plus limité. Il ne présente en effet que des inconvénients. Outre le temps relativement considérable qu'il lui faut pour s'échauffer (1/2 minute au moins), il se refroidit avec une grande rapidité lorsqu'il est au contact des tissus, d'où l'obligation de le retirer pour le faire rougir de nouveau. Du reste, sous l'influence de la température élevée, la porcelaine peut fondre et par le brusque refroidissement elle se fendille et se brise.

37. — Malgré les services qu'ils peuvent rendre, ces appareils sont passibles de quelques critiques générales ; à cause de leur faible masse, ils se refroidissent très rapidement

lorsqu'ils sont en contact avec les tissus, d'où l'obligation de les retirer pour les porter de nouveau au degré voulu. S'il était possible de placer l'instrument à froid sur le tissu à cautériser, puis de le porter au rouge, ses avantages seraient immenses, car on ne cautériserait que le point voulu et au degré voulu. Malheureusement c'est un idéal que les instruments construits jusqu'à ce jour n'ont pu atteindre. M. J. Regnauld, qui a étudié avec beaucoup de soin le galvano-cautère, a été amené à conclure que l'emploi de ces instruments présente de grandes difficultés, lorsqu'ils doivent rester un certain temps plongé dans les tissus ; en effet, à cause de la perte de chaleur par le contact et par les phénomènes de tous ordres qui se produisent. Il est absolument impossible de maintenir le fil à une température constante. Elle baisse, partant la résistance du fil diminue ; et le fil restant, non en contact avec les tissus, peut être fondu à cause de l'élévation de température qui s'y produit alors.

38. — Il est vrai que Middeldorpff, Amussat et d'autres sont arrivés à des résultats différents de ceux énoncés par M. J. Regnauld. Cette divergence peut et doit être attribuée à la différence des fils employés. Alors que M. J. Regnauld a opéré sur des fils de platine de 0 millim. 50 et 0 millim. 75 de diamètre sur 6 à 8 centimètres de longueur, M. Amussat et Middeldorpff ont opéré avec des fils de platine de plus d'un millimètre d'épaisseur et plusieurs décimètres de longueur. Il est vrai que dans ce cas il faut employer des batteries d'une grande puissance. Mais aujourd'hui que l'on peut réunir sous un petit volume une surface considérable, on arrive facilement à rougir des fils de 30 cent. de 1 millim. de diamètre. Ce ne sont point là, il est vrai, les conditions habituelles du galvano-

cautère. Les dimensions des fils employés par M. J. Regnaud sont même déjà bien plus considérables que celles du fil dont on se sert pour le galvanocautère. Aussi les conclusions de cet auteur s'appliquent-elles entièrement à ces instruments.

39. — Leur emploi nécessite du reste quelques précautions. La température ne doit pas dépasser celle du rouge sombre. A cette température, en effet, le galvanocautère se comporte comme instrument tranchant et comme caustique ; si la température est plus basse, on obtient aucun effet, ou bien si la température le permet on peut en exerçant une forte pression arriver à séparer les chairs, mais en les déchirant. Si la température est trop élevée comme celle qui correspond au rouge blanc le galvanocautère coupe trop vite et n'a pas le temps de cautériser. Il faut donc, quelque soit le galvano-cautère, ne le porter qu'à la température du rouge sombre. Dans le cas du séton galvanique, l'embarras est grand, car il est difficile comme l'a démontré M. J. Regnaud de le porter à une température suffisamment élevée pour produire l'effet voulu. Mais si on y arrive en employant une pile d'une grande intensité, on ne peut pas juger de la température qu'il atteint, et on peut ainsi arriver à le fondre. Cet accident arrive très souvent et il est la cause de la défaveur où se trouve la méthode. Si la température devient très élevée, l'état sphéroïdal soustrayant le fil à la déperdition de la chaleur habituelle la température s'élève et amène presque infailliblement la fusion du fil.

40. — Le platine est jusqu'ici le métal le plus habituellement employé pour la confection du galvanocautère. Parfois cependant on lui substitue un alliage de platine et d'iridium, mais rarement. La seule raison qui ait fait

adopter le platine est la précieuse propriété qu'il possède de pouvoir être porté à une température élevée sans fondre et sans s'oxyder. Mais sa faible chaleur spécifique, sa faible masse sont autant de causes qui l'empêchent d'emmagasiner une grande quantité de calorique, et favorisent la facile déperdition de celui qu'il possède.

41. — Le mode d'action du galvanocautère résulte de ce que nous avons dit jusqu'ici: c'est un *caustique actuel* qui peut être employé concurremment au fer rouge. Quelques auteurs à la tête desquels il faut citer Middeldorpf, le grand promoteur de la galvanothermie, ont cru que la cautérisation actuelle par l'électricité allait complètement détrôner la cautérisation par le fer rouge. Ils se sont trompés. Le premier engouement passé, les praticiens déçus des espérances qu'on leur avait fait concevoir, renoncèrent complètement à la méthode nouvelle pour revenir à l'ancien procédé du fer rouge, ou à celui du thermocautère.

42. — Si le cautère électrique a des défauts il a aussi des qualités, et si sous certains rapports il est inférieur au fer rouge, sous beaucoup d'autres, il lui est supérieur.

Le fer rouge en effet à cause de sa masse conserve longtemps sa chaleur au moins 1 minute 1/2 à 2 minutes, son action n'est pas purement locale, il rayonne à une distance plus ou moins grande; mais, par contre, il a le grave inconvénient de ne pouvoir être appliqué dans tous les cas, dans les cavités naturelles par exemple et l'on ne peut exactement limiter son action. Le but est facilement atteint avec le galvanocautère, de plus, il est possible de porter son action sur les amygdales, dans des canaux ou trajets fistuleux. Il se refroidit vite, cela est vrai, mais il s'échauffe vite aussi: d'ailleurs le galvanocautère ne peut pas, ne doit pas être substitué au fer rouge. Ce dernier doit-

être préféré toutes les fois que l'on veut obtenir un rayonnement intense, mais lorsqu'il s'agira de cautériser de petits trajets, d'enlever de petites tumeurs vasculaires, l'avantage est au galvanocautère. On ne peut donc pas dire laquelle des deux méthodes est la préférable, car elles ont chacune leurs indications et contre-indications.

42. — Mais deux appareils que l'on peut comparer, car ils ont été créés pour atteindre le même but, ce sont le thermocautère et le galvanocautère. Il est assez difficile de dire quel est le plus avantageux.

Cependant, je dois dire que les praticiens semblent donner la préférence au thermocautère surtout toutes les fois qu'il s'agit d'obtenir un effet hémostatique. Peut-être, toutefois, pour l'extirpation de petites tumeurs, le galvanocautère conviendrait-il mieux.

43. — Reste enfin à comparer entre eux le fer rouge et le galvanocautère à olive en porcelaine. Ce dernier a été créé pour être substitué au fer rouge. La substitution n'a pas été heureuse, car le galvanocautère à tête a été à peu près complètement abandonné. Si d'un côté, le fer est lent à rougir, le galvanocautère est rapide à se refroidir, et doit être retiré à chaque instant, pour être porté de nouveau au rouge blanc; de plus la porcelaine se fendille, s'écaille et se brise, inconvénients que ne présente pas le fer. D'ailleurs avec le fer rouge, on obtient des effets de rayonnement autrement intenses qu'avec le galvanocautère de Middeldorff.

44. — En résumé, le galvanocautère est un instrument qui ne peut pas remplacer le fer rouge, mais qui, dans certains cas, peut être avantageusement substitué au thermocautère. Dans l'extirpation de petites tumeurs vascu-

lares, il présente des avantages très grands, que les partisans acharnés du bistouri sont seuls à lui méconnaître.

D'ailleurs dans la partie plus spécialement chirurgicale du chapitre, nous indiquerons les cas où son emploi est plus spécialement indiqué.

45. *Anse galvanique.* — Un des meilleurs instruments employés en galvanocaustique thermique est certainement l'anse galvanique. Elle est constituée essentiellement par un fil de platine, dont la longueur peut varier au gré de l'opérateur.

Le fil de platine est supporté à l'aide d'un manche isolant dans l'intérieur duquel passent des gros fils conducteurs en cuivre rouge nikelé. Ces conducteurs débordent par en bas, par où ils sont mis en communication avec les pôles de la pile. A l'autre extrémité, ils se prolongent suffisamment, et sont terminés à leur partie supérieure par une portion recourbée et munie d'un trou : c'est par ce trou que passe l'anse galvanique.

Les deux extrémités du fil de platine viennent s'enrouler sur de petits barillets disposés sur les côtés du manche isolant.

Le courant arrive dans les fils en cuivre, et ne passe que dans la portion des fils de platine qui est comprise entre les extrémités des conducteurs; suivant le sens dans lequel on tourne les barillets, on peut en augmenter ou diminuer la longueur.

Le courant du reste n'est lancé qu'au moment où l'opérateur le désire et peut être interrompu instantanément, grâce à un bouton dont le mécanisme est le même que celui du bouton analogue du galvanocautère.

46. — Ce modèle est un peu encombrant. On construit
Doumer.

actuellement une anse galvanique dont les barillets se manœuvrent au moyen d'une vis sans fin et dont la portion non utilisée des fils de platine est renfermée dans l'appareil lui-même.

On a construit, du reste, un assez grand nombre d'appareils tous sur le même principe, dans le détail desquels je n'entrerai pas, renvoyant pour leur description aux ouvrages classiques qui en font mention.

47. — Le courant employé ici doit pouvoir être modifié dans son intensité. A mesure que le fil diminue de longueur, il est indispensable d'augmenter la résistance du couple. On y arrive, je le répète, soit en augmentant la résistance du circuit extérieur, ce qui est un mauvais procédé, soit en augmentant la résistance même de la pile, en diminuant la surface active de l'élément.

Dans les piles au bichromate, il suffit de soulever, soit le zinc seul, comme dans la pile Grenet, soient les charbons et le zinc, comme dans les modifications d'Amussat, de Planté et de Chardin.

Le maniement de la pile, quelle qu'elle soit, nécessite la présence d'un aide intelligent, spécialement chargé de la température du fil. Comme dans le galvano-cautère, on ne doit porter la température qu'au rouge sombre, si la température n'atteint pas ce degré, l'anse galvanique ne coupe pas ; si au contraire elle est plus élevée la section se fait trop rapidement et la cautérisation n'a pas le temps de se produire. Du reste, l'opérateur trouve dans la marche même de l'opération une indication précise qui lui permet de se rendre un compte exact de la température du fil ; s'il éprouve de la résistance, c'est que l'anse n'est pas assez chauffée ; si, au contraire, il coupe trop facilement, la température du fil est trop élevée.

Ce dernier cas se reconnaît aussi lorsqu'il s'échappe par le pourtour de la section une fumée trop abondante.

Du reste, la manœuvre de cet instrument nécessite, comme celle de tous les instruments de chirurgie, un certain apprentissage.

48. — Outre ses propriétés caustiques, l'anse coupante présente encore tous les avantages de l'écraseur linéaire.

C'est pour cela qu'il ne doit pas être trop chauffé. Il présente d'ailleurs sur l'écraseur linéaire, le grand avantage de couper tous les tissus, l'os excepté ; et encore, comme l'a fait observer Sédillot, sous son influence le tissu osseux devient friable, mais le derme contre lequel l'écraseur linéaire est à peu près impuissant est coupé par l'anse galvanique, aussi commodément que le tissu musculaire.

49. — L'eschare produite varie en profondeur, suivant que l'opération a été menée plus ou moins rapidement ; si elle a été vive, l'eschare est très mince, mesure à peu près 1 mm à 1 mm $1/2$; si elle a été lente elle est très profonde et peut même avoir 1 centimètre d'épaisseur.

Mais quelle que soit son épaisseur, son innocuité dans les parties profondes a été constatée dans les cas pathologiques où l'opération a porté sur les ovaires, et dans les expériences physiologiques d'Onimus et Legros. Ces auteurs ont pu enlever, en effet, chez des animaux sans accidents consécutifs, des portions considérables de foie, de rate et de rein. A l'air libre, la surface cautérisée agirait comme un vernis protecteur, car, jusqu'ici, les plaies de l'anse galvanique n'ont donné lieu à aucune des complications habituelles des plaies chirurgicales.

Toutefois il faut bien reconnaître que leur guérison est plus lente.

50. — Il faut, dans l'application de l'anse galvanique,

prendre quelques précautions que les praticiens connaissent parfaitement.

Il est indispensable, avant de faire passer le courant, d'appliquer bien exactement l'anse galvanique, sans quoi, au moment où le courant serait lancé dans le fil de platine, les parties qui ne touchent pas les tissus seraient portées à une température élevée et pourraient fondre ; de même, il faut éviter avec soin les nœuds qui se produisent surtout avec un fil fin, car alors l'application ne pourra pas se faire avec régularité. Par conséquent, au début de l'opération, on devra s'assurer de la parfaite intégrité de l'instrument, le placer avec soin autour des pédicules de la tumeur et serrer même assez fortement si cela est nécessaire ; ce ne sera qu'alors qu'on pourra faire passer le courant.

51. — Les dimensions du fil ne sont pas sans influence. Si l'on dispose d'un courant intense et si la tumeur est volumineuse, il faudra employer un fil de platine de fort diamètre (1 millim. $\frac{1}{2}$). Si la tumeur est petite, on peut restreindre ce diamètre et le porter à 0^{mm},8.

En général, un fil de platine d'un millimètre de diamètre est parfaitement convenable. La longueur variera bien entendu avec les dimensions du pédicule. Il est certaines limites cependant, qu'en pratique on ne peut pas facilement dépasser. Avec l'appareil de Chardin, on ne peut guère donner à un fil de platine de 1 millimètre de diamètre une longueur supérieure à 25 centim. En pratique, cette longueur est bien suffisante.

52. — Entre des mains habiles et bien exercées, l'anse galvanique donne de meilleurs résultats que l'écraseur linéaire. Quelques chirurgiens, cependant, ont prétendu qu'elle ne prevenait pas aussi sûrement les hémorrhagies ; je le répète, cela dépend du mode d'emploi. Selon toute pro-

babilité, ils ont dû trop chauffer le fil et mener trop rapidement l'opération. Il faut avec l'anse galvanique agir avec lenteur et pour cela, je le répète, il ne faut pas que la température du fil dépasse celle correspondante au rouge sombre.

De même qu'avec l'écraseur linéaire, on est obligé de terminer l'opération avec le bistouri, de même l'anse galvanique ne peut pas servir jusqu'à la fin de l'opération. Lorsque le pédicule ne présente plus qu'un faible diamètre, il n'est guère facile de diminuer encore la longueur de l'anse ; il vaut mieux recourir à un autre procédé pour achever la section ; mais avec l'anse galvanique, on n'a pas besoin de recourir à un instrument tranchant, il suffit de lancer dans le fil un courant plus intense, le porter à une température plus élevée pour qu'il puisse sectionner sans difficulté le pédicule de la tumeur, en exerçant une légère traction.

53. — En résumé, l'anse galvanique est un instrument très précieux pour la chirurgie. Elle présente tous les avantages de l'écraseur et possède quelques qualités de plus.

D'ailleurs, nous allons voir dans un instant les cas chirurgicaux où son emploi présente sur celui de l'écraseur d'immenses avantages.

54. — Avant de terminer ce qui a trait aux instruments employés en galvanocaustique, je leur ferai à tous le même reproche qu'aux piles.

On ne connaît pour aucun leur résistance propre. Or, je le répète, il ne coûterait pas grand'peine aux constructeurs de la mesurer et de la graver sur chacun d'eux. Le chirurgien aurait ainsi des renseignements précis qui lui permettraient, connaissant les constantes de sa pile et se servant de la formule que nous avons indiquée au début de

ce chapitre, de calculer, avec toute la rigueur possible, l'intensité du courant nécessaire pour chacun de ces instruments. Et l'on préviendrait ainsi les accidents si communs de fusion du galvanocautère.

APPLICATIONS CHIRURGICALES DE LA GALVANO-
CAUSTIQUE THERMIQUE.

55. — C'est Fabré-Palaprat qui a le premier imaginé d'utiliser en chirurgie le fil de platine chauffé au rouge par le courant électrique. La première application qu'il en fit fut pour remplacer le moxa, procédé extrêmement douloureux. Cette substitution fut suivie d'un succès parfait.

Plus tard, Récamier et Pravaz, en 1841, appliquèrent l'anse coupante à l'ablation d'un cancer du col de l'utérus; les résultats furent mauvais.

Mais Heider (de Vienne) en 1845, Crussel (de Saint-Petersbourg) en 1846, appliquèrent avec succès le galvanocautère : le premier, à la destruction des nerfs dentaires; le second, à la section des tissus par un fil rouge auquel il imprimait des mouvements de scie.

Puis, Hilton à Londres et Sédillot en France en 1849, l'employèrent également avec succès, soit pour l'ablation des tumeurs, soit pour amener la destruction des tumeurs érectiles.

En 1850, J. Marshall adopta, dans ses pratiques chirurgicales, la méthode galvanocaustique thermique; fit un grand nombre d'opérations avec elle et, généralement, eut lieu de s'en féliciter.

Jusque-là cependant on avait employé cette méthode un peu en aveugle. Il résultait bien, il est vrai, des accidents

survenus pendant les opérations, quelques règles empiriques, mais la méthode n'avait pas encore été l'objet d'études suivies.

Middeldorpf donna un nouvel élan au procédé opératoire en indiquant d'une manière précise quelques conditions passées inaperçues jusqu'alors. Il fit un grand nombre d'opérations et inventa le galvanocautère à tête de porcelaine, qui eut une grande vogue pendant quelques années. Mais ce qui fit le plus pour la vulgarisation de cette méthode fut le travail qu'il fit paraître en 1854 à Breslau (Die galvanocaustik).

A. J. Regnaud et Amussat, à Broca et Sédillot revient une grande part de la gloire d'avoir définitivement établi la méthode galvanocaustique, les uns en étudiant au point de vue physique et avec une grande rigueur le phénomène fondamental de la galvanocaustique; Broca en consacrant à cette méthode un chapitre de son traité des tumeurs, et Sédillot en enseignant par la pratique l'usage du galvanocautère.

Depuis, les travaux sur cette méthode se sont étendus et multipliés, tant en France qu'à l'étranger. Des thèses très remarquables en ont résumé à diverses époques les principales règles et les principales applications.

Aussi peut-on dire qu'il n'y pas de cas où le bistouri joue un rôle qui n'ait permis au galvanocautère de montrer ses effets, nuisibles quelquefois, il est vrai, mais le plus souvent avantageux.

J'en ferai pas le résumé complet des cas où le galvanocautère a été employé, je me contenterai d'indiquer brièvement ceux où son application donne réellement de bons effets.

55. — Le galvanocautère agit :

- 1^o Comme *hémostatique puissant*,
- 2^o Comme *destructeur des tissus*,
- 3^o Comme *instrument coupant*,
- 4^o Comme *écraseur linéaire*.

56. — *Comme hémostatique*. — Il ne faudrait pas croire qu'il soit susceptible d'arrêter une hémorrhagie considérable. Son rapide refroidissement lui enlève toute utilité dans ce cas.

Mais un mode d'emploi imaginé par Verneuil et qui utilise cette propriété est la destruction des tumeurs vasculaires.

Il suffit en effet d'y plonger à plusieurs reprises le galvanocautère à bec d'oiseau pour amener par sa chaleur une coagulation du sang au point touché. Ce caillot oblitère la lumière des vaisseaux, la circulation est arrêtée et des couches de fibrine s'ajoutant lui donnent de la solidité. Toute la tumeur si elle n'est pas trop volumineuse peut être ainsi transformée en une masse compacte qui disparaîtra peu à peu.

C'est ainsi que l'on peut traiter les hémorroïdes. Lorsque la tumeur est petite, une seule application suffit; mais si elle est volumineuse plusieurs sont habituellement nécessaires. On doit les espacer de un centimètre à peu près. Sous l'influence de ce traitement l'hémorroïde se flétrit, se transforme en une masse résistante qui disparaît peu à peu.

Le même procédé opératoire peut être employé dans le traitement des varices volumineuses. Il a été préconisé dans le cas d'anévrysme.

57. — Comme destructeur des tissus il est employé pour cautériser les surfaces ulcérées qui tendent à rester

stationnaires, soit encore à la place du fer rouge pour faire des pointes de feu.

58. — C'est surtout comme instrument tranchant qu'il est utilisé. Il est vrai qu'il ne se comporte pas exactement comme un bistouri. Il sectionne les tissus en les cautérisant et en prévenant les hémorrhagies, ce qui, on le conçoit, est un grand avantage.

Malheureusement l'emploi du galvano-cautère est limité aux opérations de courte durée.

On peut avec lui opérer la trachéotomie ; l'hémorrhagie qui se produit alors se borne à quelques gouttes de sang. Verneuil est le premier qui ait pratiqué cette opération avec le fil de platine ; mais sa méthode s'est généralisée. Amussat, Voltolini et d'autres l'employent couramment, surtout pour pratiquer la trachéotomie sur l'adulte.

E. Bourdon, en 1873, a résumé dans une remarquable dissertation la pratique du maître et a cité un grand nombre d'observations recueillies dans son service.

De l'ensemble des travaux qui ont été faits sur ce sujet, il résulte que :

- 1° Toute hémorrhagie est prévenue ;
- 2° Le danger d'introduction d'air dans les veines est conjuré ;
- 3° Les bords de la plaie étant plus rigides, il est plus facile d'introduire la canule.

Il paraît cependant que les bons effets de cette méthode ne se manifesteraient guère que chez l'adulte.

C'est toujours en utilisant les effets d'instrument tranchant et d'hémostatique que les chirurgiens ont pu, avec le galvano-cautère, enlever des tumeurs érectiles. Ici le nombre des observations est réellement immense et toutes constatent la supériorité du galvano-cautère sur le bistouri.

Doumer.

8

Il faut toujours recourir à la galvano-thermie toutes les fois que l'opération doit porter sur un tissu très vasculaire: la langue, par exemple. Son emploi est encore indiqué dans les opérations qui portent sur des organes voisins de chancres, comme dans le cas de phimosis. Grâce à la cautérisation qui se produit, avant même le sectionnement des tissus, on prévient en partie l'introduction du virus dans les vaisseaux.

59. — Enfin, comme écraseur, son emploi est indiqué dans toutes les tumeurs bien ou mal pédiculisées, surtout dans celles où l'écraseur linéaire peut être employé.

Je ne peux m'étendre davantage sur l'usage du galvano-cautère, mais on trouvera, dans la bibliographie qui suit ce chapitre, les indications que l'on pourrait me reprocher de ne pas avoir données.

BIBLIOGRAPHIE.

- ALDINI, 1804. — Essai théorique et expérimental de galvanisme.
ALTHAUS, 1870. — A Treatise on medical Electricity theoretical and practical, etc.
AMUSSAT, 1853. — De la cautérisation au moyen de l'électricité. In comptes rendus de l'Académie des sciences.
— 1854. — Id.
— 1870-71. — Deux opérations de taille pratiquées au moyen de la galvanocaustique thermique. In Journ. de médecine et de chirurgie pratiques.
— 1871. — Traitement du cancer du col de l'utérus par la galvanocaustique thermique. In Union médicale.
— 1873. — Traitement des kystes séro-sanguins du cou par l'électricité. In Gazette des hôpitaux.
— 1874. — Traitement du phimosis au moyen de la galvanocaustique. In Gazette des hôpitaux.

- 1875. — Traitement de l'épithélioma du col de l'utérus par la galvanocaustique thermique. In Gazette des hôpitaux.
- BÉARD ET ROCKWELL, 1871. — A practical Treatise on the medical and surgical uses of electricity.
- BEAUME (La), 1828. — Du galvanisme appliqué à la médecine (traduction de Fabré-Palaprat).
- BÉCLARD, 1855. — De l'électricité envisagée dans ses applications à la thérapeutique. In Gazette hebdomadaire.
- BECQUEREL, 1860. — Traité des applications de l'électricité à la thérapeutique médicale et chirurgicale.
- BIENVENU, 1872. — Du cautère électrique (thèse de Paris).
- BLANCHET, 1863. — De l'emploi du feu en chirurgie et en particulier du cautère actuel, du cautère galvanique et du couteau galvanocaustique. Thèse de Paris.
- BÖCKEL, 1872. — De la galvanocaustique thermique et de quelques appareils propres à en faciliter l'opération. In Société médicale de Strasbourg.
- BÖCKEL ET REDSLOI, 1873. — Nouvel appareil pour galvano-caustique. In comp. rend. Acad. des sciences.
- BOURDON, 1873. — Trachéotomie par le galvanocautère. In Archives génér. de médecine.
- BRAUN (de Vienne), 1859. — De la guérison du prolapsus de l'utérus par la galvanocaustique. In Wiener medical Wochenschrift.
- BRENNER, 1869. — Ueber die chemische und thermische Galvanokaustic. In Unters. und Beobacht.-auf dem Gebiete, der Electrotherapie.
- 1870. — Mittheilungen aus dem Gebiete der Galvanochirurgie. In Petersburg med. Zeitschrift.
- BRIOSIA ET HIGUET, 1855. — Tumeur érectile occupant toute l'épaisseur de la joue: destruction au moyen de la cautérisation électrique. Presse méd. belge.
- BROCA, 1856. — De la cautérisation électrique ou galvanocaustique. In Bulletin de la Société de chirurgie.
- 1857. — Sur une modification de l'appareil galvanocaustique. In Bulletin de l'Académie de médecine.
- 1866. — Traité des tumeurs.
- 1871. — Traitement des hémorroïdes, des fissures à l'anus par la galvano-caustique. In Journal de médecine et de chirurgie pratiques.
- BRUCK, 1864. — La galvanocaustie dans le traitement des affections des dents.

- BRUNS, 1870. — Die Galvanochirurgie oder die Galvanocaustik und Electrolysis bei chirurgischen Krankheiten. Tübingen.
- 1874. — Appareil de galvanothermie.
- BRYANT, 1869. — Cases illustrating the value of the galvanic Cauter. In surgical Practice, in Lancet.
- CATTIN, 1858. — De la galvanocaustie dans les opérations chirurgicales. Thèse de Paris.
- CHÉRON, 1876. — Ablation des tumeurs de la vulve par la galvanothermie. In Gazette des hôpitaux.
- COLLIN, 1868. — De la galvanocaustique. Thèse de Strasbourg.
- DANJOY, 1872. — De la galvanocaustique et de son emploi dans les maladies du larynx, du pharynx, des fosses nasales et de l'oreille. In Archives générales de méd., p. 466.
- DESCHAMPS, 1878. — Trachéotomie par galvanocaustie. In Gazette des hôpitaux.
- DUPLOMB, 1862. — De la galvanocaustique, du couteau galvanique, de l'anse coupante graduée de M. Séré. Thèse de Paris.
- FOLLIN, 1866. — Lipome de la langue, ablation par la galvanocaustique. In Gazette des hôpitaux.
- FRANCK, 1876. — Hémorroïdes. In Archives of eler. and neurol.
- GARIEL, 1877. — Cautérisation. In Dict. encyclopédique.
- GAVARRET. — Traité d'électricité médicale.
- GOLT, 1880. — Appareils galvanocaustiques de Voltolini. In Correspondenz Blatt f. Schw. Aertze.
- GAULD, 1881. — Varicocèle par galvanocautére. In British med. Journ.
- GRUENWALDT, 1866. — Zur Casuistik der Ausrottung von Krebsgeschwülsten aus der Scheidenschleimhaut. In Petersbourg med. zeit.
- HAASE, 1858. — De extirpatione linguæ ope galvanocautére. Breslau.
- HÉDINGER, 1871. — Electrotherapeutisches, etc... In Würte medic. Correspondenzbl.
- HIGUET. — Voir Bribosia.
- JACOBY, 1869. — Beiträge zur Casuistic der galvanokaustischen Behandlung intrauriculärer Neubildungen. In Arch. für Ohrenheilk.
- JÖMISCH, 1858. — De ligatura caudenti cum ceteris penis amputandi methodis comparata. Breslau.
- JULLIARD, 1877. — Comparaison du thermocautére et du galvanocautére. In Gazette des hôpitaux.
- KORN, 1870. — Ueber die Anwendung der Galvanokaustik bei granulärer Augenentzündung. In Berl. klinisch Wochensch.
- KUCHENMEISTER, 1867. — Zur operativen Gynäkologie. In Aertz Zeitsch. f. Heilkunde.

- KWIATKOWSKI, 1870. — Amputation des membres par la méthode galvanocaustique. Thèse de Strasbourg.
- LABBÉ, 1874. — Galvanocautère. In Gazette des hôp.
- LEGROS, 1872. — Voir Onimus.
- LEROY (d'Etiolles), 1853. — De la cautérisation d'avant en arrière.
- LEVEL, 1876. — Hémorroïdes. In Bulletin général de thérap.
- MAAS, 1876. — Ueber die galvanokaustische Behandlung von Angiomen. In. Arch. f. klin. Chirurgie.
- MANDL, 1869. — Tumeur laryngée sous-glottique traitée par la galvanocaustique. In Union médicale.
- 1870. — Tumeur laryngée traitée par la galvanothérapie. In Arch. gén. de méd.
- MANNHEIMER, 1856. — Methodus galvanocaustica et écrasement linéaire inter se comparentur. Breslau.
- MARZOLO, 1866. — La galvanocaustica nella cura dei tumori erectili. In Gaz. méd. italienne. Lomb.
- MARSHALL (J.), 1851. — The employment of the heat of electricity in practical surgery. In Med. chir. Trans.
- MIDDELDORFF, 1854. — Die Galvanocaustik, ein Beitrag zur operativen medicin. Breslau.
- 1857. — Lettre à la Société de chirurgie. Bulletin de la Société de chirurgie de Paris.
- MORPAIN, 1869. — Sarcocèle encéphaloïde. In Gazette des hôp.
- MOZETIG, 1866. — Ueber einen Fall von Operation eines Rachenpolypen mittelst Galvanocaustik. In Wiener med. Zeit.
- ONIMUS ET LEGROS, 1872. — Traité d'électrothérapie.
- ONIMUS, 1882. — Manuel d'électrothérapie.
- NÉLATON, 1852. — Emploi du cautère électrique pour les tumeurs érectiles. In Gaz. des hôp.
- OLIVIER, 1869. — Middeldorff. Instrument apparat. z. Galvanocaustik..., etc. Breslau.
- PRINZ, 1867. — Ueber Anwendung der Galvanocaustik bei Kehlkopf Tumoren unter Mittheilung eines Operations falles. In. Arch. der Heilkunde.
- RABITSCH, 1869. — Nasenrachenpolyp mittelst Galvanocaustik entfernt. In. Allg. Wien. med. Zeit.
- RAVELEOU, 1869. — De la galvanocaustique thermique. Thèse de Paris.
- RAYMOND, 1874. — Opérations préliminaires à l'extirpation des tumeurs. Ecrasement linéaire et galvanocaustique de leurs combinaisons. Thèse de Paris.
- REDSLOL. — Voir Boeckel.

- REGNAULT, 1856. — Mém. sur les applications chirurgicales du phénomène thermique de la pile. In. Académie de médecine.
- REIBEL, 1872. — Des appareils galvanocaustiques. Thèse de Strasbourg.
- RÉNÉ, 1880. — Tumeurs érectiles. In. Gaz. des hôp.
- RESSEL, 1857. — De polyporum uteri extirpatione. In meth. galvanocaustica instituta. Breslau.
- 1860. — Amputation du pénis. In Archives générales de médecine.
- 1864. — De l'amputation du pénis par la méthode galvanocaustique. In Archives générales de médecine.
- SCHNITZLER, 1867. — Ueber Anwendung der Galvanokaustik bei Kehlkopfs Krankheiten. In Wiener med. Presse.
- 1868. Anwendung der Galvanokaustik bei Kehlkopfs Krankheiten. In Wochenblätter Gesellsch. de Wiener Aerst.
- SCHRIFT, 1859-1860. — Zur Behandlung cavernöser geschwülste mittel Galvanocaustic. In Königsberg med. Jahrbüch.
- SCHAH, 1867. — Abhandlungen aus dem Gebiete der Chirurgie und Operations Lehre.
- SCHULZ, 1868. — Ein neuer Griff zur galvanokaustischen Schneidchlinge. In Berl. Klin. Wochenschr.
- SCHWARTZE, 1868. — Notiz über Galvanokaustik in Ohre. In Arch. für. Ohrenheilkunde.
- SECONDI, 1871. — Sulla cura delle Teleangectasie colla galvanocaustica. In Liguria medicale.
- SEDILLOT, 1870. — De la suppression de la douleur après les opérations. In comptes rendus Acad. des sciences.
- SEMELEDER, 1859. — Zur Behandlung cavernöser Geschwulste mittelst Galvanocaustik in Königsberg médizin. Jahrb.
- SÉRÉ (de), 1866. — Couteau galvanocaustique à chaleur graduée. In Bulletin de Société de chirurgie.
- SIÈGLE, 1869. — Beiträge zur Casuistik galvanokaustischen Behandlung intra-auricularer Neubildungen. In Méd. Correspond. des Würtemb. Arzt. Wiener.
- SPIEGELBERG, 1869. — Ueber galvanokaustische Operationen am Uterus und intrauterine Cauterisation. In Monatssch. f. gebursk.
- STARCK, 1857. — Inquisitur in tumores testiculorum aliquot galvanocaustice adhibita extirpatos. Breslau.
- TAVIGNOT, 1860. — Application de la galvanocaustique au redressement de l'œil, etc. In Académie des sciences.
- 1863. Application de la galvanocaustique au traitement des rétrécissements de l'urèthre. In Académie des sciences.

- TEISSIER. — Thèse d'agrégation.
- TILLAUX, 1874. — Galvanocautère. In Gazette des hôpitaux.
- TRIPPIER, 1861. — Manuel d'électrothérapie.
- VALENTA, 1867. — Erfolgreiche Amputation einer krebsigdegenerirten Vaginalportion mittelst Galvanokaustic. In Memorabilia.
- VERNEUIL, 1871. — Traitement des hémorroïdes, des tumeurs érectiles, par la galvanocaustique. In Journal de médecine et de chirurgie pratiques.
- 1877. — De l'association de la galvanocaustique et de l'écrasement linéaire. In Bulletin général de ther. pratique.
- 1872. — Trachéotomie par galvanocaustique. In Bulletin de Acad. méd.
- 1874. — Galvanocautère. In Gazette des hôpitaux.
- VOLTOLINI, 1867. — Die Anwendung der Galvanokaustik in Innern des Kehlkopfes und Schlundkopfes. Breslau.
- 1868. — Anwendung des Galvanokaustik Schneideschlung bei Kehlkopfspolypen. In. Berl. Klin. Wochensch.
- 1870. — Perforation de la membrane du tympan au moyen de la galvanocaustie. In Monatsschr., f. Ohrenheilkunde.
- 1872. — Anwendung der Galvanokaustik im Innern des Kehlkopfes, etc. Breslau.
- WAGNER, 1859. — Zur Behandlung cavernöser Geschwülste mittelst Galvanokaustik. In Königsberg mediz Jahrbücher.
- WEBER, 1871. — Operation eine Atresie des linken Meatus, etc. In Monatschrift. f. Ohrenheilkunde.
- ZIELEWICZ, 1871. — De l'amputation du pénis par la galvanocaustie. In Langenbeck's. Arch. et In Gazette hebdomadaire.
- ZSIGMONDY, 1858. — Observations diverses sur la méthode galvanocaustique. Wiener medicin. Wochenschrift.
- 1860. — Die galvanocaustische Operations Methoden nach eigenen Erfahrungen. Vienne.
- 1899. — Gekrümmter Troicart und Uhrfeder mit Schraubennende zur Durchführung des Platinadrahtes bei galvanokaustischen Operationen. In All. Wiener medic. Zeit.

CHAPITRE III.

Electrolyse.

1. — Tous les corps composés binaires, qui, à l'état liquide, sont traversés par un courant électrique suffisamment intense, sont décomposés : l'un des éléments va à l'électrode par laquelle pénètre le courant, l'autre se rend à l'électrode par laquelle il sort. C'est là une des lois les plus générales de la physique.

Un phénomène analogue se passe avec les corps ternaires et composés de plus de trois éléments. Il y a alors scission de la molécule en deux autres qui se portent chacune vers l'une ou l'autre des électrodes.

2. — Faraday, à qui l'on doit les premières recherches précises sur ce sujet, a, pour la facilité de la démonstration établi une nomenclature qui a été adoptée en partie du moins. Le phénomène de la décomposition par le courant électrique a reçu le nom d'*électrolyse* ou *électrolytation* ; le corps soumis à la décomposition le nom d'*électrolyte* ; les deux extrémités du fil qui plongent dans liquide et qui servent à transmettre le courant sont les *électrodes* ; l'électrode en contact avec le pôle positif de la pile a reçu le nom de *cathode*, on dit mieux *électrode positive* ; celle qui est en contact avec le pôle négatif s'appelle l'*anode* ; en France, la dénomination d'*électrode négative* a prévalu. Enfin l'élément qui va à l'électrode positive s'appelle en Angleterre *cation*, en France *électro-négatif* ; celui qui va à l'électrode négative est l'*anion* ou l'*électro-positif*. Les éléments de la dé-

composition ont reçu la dénomination générale d'ions. Tels sont les termes employés avec lesquels il nous sera possible d'entreprendre les phénomènes de l'électrolyse.

3. - Soit de l'acide chlorhydrique en solution concentrée comme électrolyte, traversé par un courant suffisamment intense. Nous constatons immédiatement un dégagement de bulles gazeuses sur les deux électrodes. Si nous recueillons les gaz qui se dégagent ainsi, nous constaterons qu'à l'électrode positive nous avons du chlore pur, à l'électrode négative de l'hydrogène également pur, et si l'expérience a été faite avec assez de soin, nous pourrions comparer les volumes gazeux et nous verrons que ces volumes sont égaux. Cette expérience si simple démontre que l'acide chlorhydrique, corps binaire, se trouve exactement décomposé en ses deux éléments chlore et hydrogène.

Résultats analogues avec tout autre composé binaire liquide; le protochlorure d'étain, par exemple. L'étain étant électro-positif se rendra au pôle négatif; le chlore étant électro-négatif ira à l'électrode positive.

4. — Avec un sel neutre ternaire, on aura toujours une décomposition en deux parties. Ainsi le sulfate de cuivre SO_4Cu se décomposera en Cu électro-positif et SO_4 , corps composé, mais qui, se comportant comme un élément électro-négatif, se rendra au pôle positif. Avec le sel ammoniac la décomposition sera analogue, avec cette différence toutefois que le corps électro-positif sera composé AzH_4 , l'électro-négatif au contraire étant simple Cl .

5. — Mais quelle que soit la nature de l'électrolyte, sauf dans quelques cas exceptionnels, lorsque l'électrolyse a lieu, il se produit à la surface des électrodes des phénomènes particuliers, encore incomplètement connus, et qui ont pour effet de diminuer le courant. C'est ce que les physiciens appel-

Doumer.

9

lent la *polarisation des électrodes*. D'après les travaux d'un grand nombre d'auteurs, parmi lesquels il convient de citer ceux de Becquerel, la polarisation des électrodes serait due à la condensation à leur surface des produits de l'électrolyse, qui, tendant à se recombinaer, se recombinaer même en partie, produiraient un courant de sens inverse au premier et par conséquent l'affaibliraient. On démontre facilement l'existence de ce courant dit *secondaire* en substituant à la pile un galvanomètre, on constate que l'aiguille est déviée plus ou moins fortement, et que la déviation a une durée proportionnelle au temps pendant lequel le courant a passé dans l'électrolyte.

6. — Tel est, dans son ensemble, le phénomène de l'électrolyse ; il est soumis à des lois de la plus haute importance et que je vais rappeler aussi brièvement que possible.

Ces lois sont au nombre de cinq : les quatre premières ont reçu le nom de lois de Faraday ; la dernière encore mal établie est due à M. Becquerel.

1^{re} loi. — *L'action décomposante d'un courant, ou ce qui revient au même, la puissance chimique qu'il possède, est exactement la même dans tous les points du circuit qu'il traverse.*

2^e loi. — *La quantité d'électrolyte décomposé est proportionnelle à la quantité d'électricité qui passe dans un temps donné.*

C'est-à-dire que la quantité décomposée dans l'unité de temps est proportionnelle à l'intensité du courant.

3^e loi. — *Quand un même courant traverse successivement plusieurs composés binaires de la formule AM, les poids des éléments séparés sont entre eux comme leurs équivalents chimiques.*

Si, par exemple, le courant traverse successivement des

dissolutions d'acide chlorhydrique, de protochlorure de cuivre, d'iodure de potassium, les quantités d'électro-positifs hydrogène, cuivre, potassium dégagées, sont entre elles comme les équivalents chimiques de ces corps ; c'est-à-dire que si la quantité d'hydrogène dégagé est 1 gramme, celle du cuivre sera 31 gr. 5, celle du potassium 39 — On appelle *équivalent électrochimique* d'un corps, la quantité qui en a été mise en liberté par le passage d'une quantité d'électricité égale à l'unité. D'après cela on voit que les équivalents électrochimiques des corps sont proportionnels à leurs équivalents chimiques.

4^e loi. — *Le travail chimique intérieur qui engendre l'électricité dans chaque couple d'une pile est équivalent au travail chimique produit en un point quelconque du circuit extérieur.*

Cette loi est, avec la précédente, d'une importance capitale en électrolyse. Mais elle suppose pour être vraie que le courant ne produise aucun autre travail. Un courant, par exemple, qui décompose l'eau acidulée, et dont toute l'énergie est employée à cette décomposition, ne peut pas produire d'autre travail, ou bien alors il cessera de décomposer l'eau. Cette loi a une autre portée, car elle veut dire aussi que l'action chimique ne dépend en aucune façon du nombre des couples. Cette assertion paraît paradoxale ; elle a toutefois été solidement établie par l'expérience, et peut être démontrée par le calcul. Prenons deux couples, zinc et platine, disposés de telle façon que l'on puisse facilement recueillir l'hydrogène du pôle positif ; disposons-les en série, et plaçons dans le circuit extérieur un voltamètre ordinaire à eau acidulée. Nous constaterons au bout d'un certain temps une égalité absolue entre les quantités d'hydrogène dégagées.

Dans ce cas, la loi est parfaitement vérifiée, puisqu'il y a égalité entre le travail intérieur dans chaque élément et le travail extérieur produit dans le voltamètre, ces travaux étant mesurés par la quantité d'hydrogène dégagé. Mais le phénomène ne se passera pas de la même façon si les couples sont disposés en quantité et non plus en tension. La quantité d'hydrogène dans le voltamètre est plus grande que la quantité correspondante dégagée dans chaque élément; on trouve toutefois qu'elle est égale à leur somme. Si les deux couples étaient rigoureusement égaux, les quantités d'hydrogène dans chacun d'eux seraient rigoureusement les mêmes, et chacune moitié moindre que celle du voltamètre.— Ce résultat qui, à prime abord, paraît en contradiction absolue avec l'énoncé de la loi, en est cependant une démonstration, car associer les couples en quantité revient à en prendre un seul dont les dimensions seraient deux fois plus grandes.

Enfin la 5^e loi, ou loi de Becquerel, peut s'énoncer ainsi: *Lorsqu'un courant traverse des composés binaires d'une forme différente de AM, c'est le corps électro-négatif qui suit la 3^e loi de Faraday.*

Si, par exemple, on électrolyse à la fois l'acide chlorhydrique et les deux chlorures de cuivre, le protochlorure et le bichlorure, on trouvera aux pôles positifs la même quantité de chlore, mais aux négatifs on trouvera pour le protochlorure deux fois plus de cuivre que pour le bichlorure. Cette loi, malheureusement, n'est pas encore établie d'une manière bien nette; d'ailleurs, au point de vue qui nous occupe, elle n'a pas une grande importance: nous n'insisterons donc pas.

7. — Ces lois, avec les travaux de Joule, de Favre, de Berthelot et de quelques autres expérimentateurs, vont

nous permettre d'édifier une sorte de théorie mathématique de l'électrolyse, et d'établir d'une manière certaine les conditions dans lesquelles elle s'effectue le mieux, l'effet que l'on veut obtenir étant nettement défini.

8. — Joule et Favre ont démontré que la quantité de chaleur totale dégagée par un courant est constante, et qu'elle se partage dans un circuit proportionnellement aux résistances. Si la résistance extérieure est très faible, la chaleur totale se trouve dans la pile; si la résistance extérieure est au contraire très considérable, celle de la pile étant négligeable, la chaleur se trouve tout entière dans la portion extérieure du circuit. Mais ceci suppose qu'aucun travail mécanique n'est produit; si, par exemple, on fait actionner par le courant un trembleur électrique, la chaleur totale diminue proportionnellement au travail accompli. La même restriction doit être faite lorsque le courant produit une électrolyse quelconque; la chaleur totale pourra être tantôt totalement détruite, tantôt seulement en partie, suivant que l'action chimique nécessitera tout ou partie de la chaleur produite.

9. — A ces données, M. Berthelot est venu en ajouter de nouvelles d'une extrême précision. A l'aide d'une méthode très élégante, le chimiste du Collège de France a vérifié qu'il existe une relation extrêmement simple entre la quantité électrolysée et la quantité de zinc dissous dans l'élément, ce que, du reste, les travaux de Favre avaient déjà démontré.

Si l'on appelle :

S la fraction d'équivalent chimique décomposé en une seconde par le courant d'intensité 1,

Q la quantité de chaleur absorbée par la décomposition de 1 équivalent d'électrolyte,

I l'intensité du courant,

La quantité de chaleur absorbée dans une seconde par l'électrolyte sera :

$$SIQ$$

Or, d'après la loi de Joule, la quantité totale de chaleur dégagée dans le circuit a pour expression

$$RI^2K$$

R étant la résistance totale.

K l'inverse de l'équivalent mécanique de la chaleur.

Si le courant est utilisé à décomposer l'électrolyte, une partie de la chaleur qu'il produit sera absorbée; elle sera précisément égale à SIQ. La quantité restante aura donc pour expression

$$RI^2K - SIQ = I(RIK - SQ)$$

Si toute la chaleur est absorbée, on aura :

$$I(RIK - SQ) = 0 \quad RIK = SQ \quad I = \frac{SQ}{RK}$$

$$\text{Or} \quad I = \frac{E}{R} \quad \text{donc} \quad E = \frac{SQ}{K}$$

Expression qui démontre que la force électromotrice représente le travail nécessaire pour la décomposition de un équivalent électrochimique de l'électrolyte. Elle peut donc être représentée par ce travail. Or, les phénomènes électriques étant réversibles, la force électromotrice, capable de reproduire le travail $\frac{SQ}{K}$, peut par contre être en-

gendrée par ce même travail. Par conséquent toutes les fois qu'une combinaison chimique produira un travail égal à $\frac{SQ}{K}$, il pourra y avoir production d'une force électromotrice E.

Ceci dit, faisons passer un courant $I = \frac{E}{R}$ E étant représenté par $\frac{SR}{K}$ dans un électrolyte dont l'équivalent électrochimique, pour se décomposer, exige une quantité de chaleur Q' : il en décomposera une fraction d'équivalent électrochimique S qui sera précisément égale à celle qui aura produit le courant, en vertu de la 4^e loi de Faraday. La quantité de force électromotrice absorbée, si je puis m'exprimer ainsi, sera $\frac{SQ'}{K}$. L'intensité du courant aura donc

$$I = \frac{S(Q - Q')}{KR}$$

Si $Q = Q'$, l'intensité sera nulle, toute l'énergie du courant sera employée à la décomposition. C'est le cas où un courant produit par zinc, platine et acide sulfurique étendu, décompose à l'aide de deux électrodes en zinc une solution de sulfate de zinc.

Du reste $Q - Q'$ ne peut devenir négatif ; $Q = Q'$ représente donc la condition que doit remplir la force électromotrice minimum pour produire une décomposition déterminée. Avec $Q > Q'$, il s'établira un courant permanent.

10. — Cette formule a été vérifiée par M. Berthelot. Soit par exemple à décomposer le sulfate de potasse. Cette électrolyse comprend : 1^o la décomposition du sulfate de potasse en SO_3 et KO, qui absorbe 15,700 cal ; 2^o la décomposition de l'eau en ses deux éléments (34,500 cal). Ce qui exige

en tout une chaleur de 50,200^{cal}. Or M. Berthelot a démontré que cette décomposition ne pouvait être effectuée :

Ni par deux éléments $Zn | Pt$ dégageant 38000^{cal} ;
Ni par $2 Zn | Pt + Zn | Cd$ dégageant 46000^{cal} ;
Ni par $2 d^{II}$ dégageant 49000^{cal} .

Mais elle est produite facilement par

$3 Zn | Pt$ donnant 57000^{cal} ;
 $2 d^{II} + Zn | Cd$ donnant 57000^{cal} ;
 $2 Zn | Pt + 2 Zn | Cd$ donnant 54000^{cal} ;
 $1 d^{II} + Zn | Cd + Zn | Pt$ donnant 51500^{cal} .

D'autre part, M. Berthelot a démontré que lorsque l'électrolyse peut s'effectuer de plusieurs manières, celle qui nécessite le moins de chaleur est produite par l'élément qui en dégage le moins ; celle au contraire qui en demande le plus est effectuée par l'élément qui en donne le plus.

11. — Il n'est pas possible, on le conçoit, d'entrer dans des détails plus circonstanciés ; mais il ressort des faits ci-dessus mentionnés, et d'une foule d'autres qui offrent tous le même degré de netteté, qu'il y a une relation intime entre la chaleur dégagée dans la pile, et celle qui est absorbée par l'électrolyte.

L'électrolyte ne peut avoir lieu si la chaleur dégagée dans la pile est inférieure à celle qu'exige la décomposition de l'électrolyte.

12. — Ceci nous amène à essayer une théorie mathématique du phénomène. Quoiqu'il soit difficile de traduire par des formules les lois ci-dessus mentionnées, on peut cependant essayer de rechercher mathématiquement une expression simple des plus importantes, et d'en tirer des conclusions qui nous serviront de règles dans l'application du courant à l'électrolyse des tissus de l'organisme.

13. — Mais avant d'entreprendre cet essai, il est indispensable de faire remarquer que bien des auteurs ont employé, et emploient encore de nos jours une distinction dans la conductibilité des électrolytes, qui est loin d'exister. On dit en effet que les électrolytes conduisent le courant de deux façons : 1^o comme des conducteurs ordinaires, c'est leur *conductibilité métallique* ; 2^o comme des électrolytes, c'est leur *conductibilité électrolytique*. Il est aujourd'hui bien démontré que cette distinction est absolument illusoire, que les électrolytes ne conduisent que d'une seule façon.

14. — Il suit de ce qui précède que si l'on supprime la polarisation des électrodes qui vient affaiblir le courant et faire croire à un accroissement de résistance, il n'existe d'autre résistance dans un électrolyte que celle provenant de sa décomposition.

Si

$$Q = K \frac{r}{(R + r + r')^2} E^2$$

$$Q' = K \frac{r'}{(R + r + r')^2} E^2$$

représentent les quantités de chaleur absorbées par chacune des résistances r et r' placées dans un même circuit, on a en divisant membre à membre,

$$\frac{Q}{Q'} = \frac{r}{r'}$$

Les quantités de chaleur absorbées sont proportionnelles aux résistances.

Du reste on peut avoir la mesure exacte de la résistance d'un électrolyte, en remarquant que

Doumer.

$$r = \frac{QR^2}{KE} = \frac{Q}{HI}$$

formule dans laquelle $K = \frac{4}{425} I$ = intensité du courant, Q est la quantité de chaleur absorbée; or elle est précisément égale à celle qui est nécessaire à la décomposition, on peut donc facilement la calculer.

r , résistance de l'électrolyte, une fois connue, peut être introduite dans la formule

$$I = \frac{E}{R + r}$$

qui nous permettra de tirer quelques conclusions pratiques sur la disposition des éléments de pile.

15. — R représente la résistance d'un élément. Si nous en prenons n , et si nous les disposons en série, la formule devient

$$I = \frac{nE}{nR + r}$$

Si nous les disposons en surface, nous aurons

$$I' = \frac{nE}{R + nr}$$

En divisant membre à membre, il vient

$$\frac{I}{I'} = \frac{R + nr}{nR + r}$$

pour que $\frac{I}{I'} = 1$ il faut que $R + nr = nR + r$ $R = r$.

Lorsque cette condition sera remplie, la disposition en série ou en quantité sera indifférente.

Si $r > R$, I sera plus grand que I' ; il faudra employer la disposition en série.

Si $r < R$, I sera plus petit que I' ; il sera avantageux d'employer la disposition en quantité.

16. — Nous avons vu que la force électromotrice nécessaire pour produire une décomposition est déterminée par la formule

$$I = \frac{S(Q - Q')}{R - K}$$

qui nous permet d'indiquer le minimum qu'elle pourra atteindre. Ce que nous venons de dire sur la relation qui existe entre la résistance de l'électrolyte et celle de l'élément, nous permet de calculer le maximum de l'effet obtenu dans le cas où l'une ou l'autre de ces valeurs, ou toutes les deux peuvent varier.

Nous pouvons maintenant établir les deux règles essentielles qui permettent de se placer à coup sûr dans des conditions où l'électrolyse : 1° aura lieu, 2° atteindra son maximum d'intensité.

La quantité d'électrolyte décomposée dans l'unité de temps est, suivant la deuxième loi de Faraday, proportionnelle à l'intensité du courant. Elle variera donc comme

$$I = \frac{E}{R + r}$$

c'est-à-dire proportionnellement à la force électromotrice et en raison inverse de $R + r$. Mais nous savons que pour E constant le maximum de I correspondra à $R = r$. Il faudra donc choisir une pile d'éléments, tels que la force électromotrice de chacun d'eux soit au moins égale à celle que nécessite la décomposition de l'électrolyte, et ayant une résistance aussi peu différente que possible de celle de

l'électrolyte. Alors nous les disposerons soit en série, soit en surface. Mais si les résistances sont différentes, il faudra adopter la disposition en série, si la résistance de l'électrolyte est plus grande, en quantité, si c'est l'inverse qui a lieu.

ÉLECTROLYSE DES TISSUS.

17. — Les physiciens n'ont étudié au point de vue de l'électrolyse que des corps de composition simple et parfaitement définie : aussi les lois auxquelles ils sont arrivés ne sont-elles applicables qu'à eux. On a déjà vu, en effet, combien la composition influe sur le phénomène de l'électrolyse, et combien ce dernier est plus compliqué lorsque la forme du composé binaire n'est plus celle d'un composé équivalent à équivalent. On doit s'attendre alors à trouver une complexité beaucoup plus grande lorsque l'on essaiera de décomposer par l'électrolyse des corps d'une composition tout à fait différente de celle des composés inorganiques. C'est réellement ce qui a lieu. M. Bourgoïn, qui s'est particulièrement occupé de l'électrolyse des corps de la chimie organique, a trouvé des différences très grandes, et a montré que les lois de Faraday ne leur sont pas entièrement applicables. Et encore M. Bourgoïn ne s'est attaché qu'à l'étude des corps dont la composition et l'édifice moléculaire sont relativement simples.

18. — L'étude des composés si complexes et si mal définis du corps humain au point de vue de l'électrolyse n'a pas encore été faite d'une manière vraiment scientifique, c'est-à-dire en tenant compte des produits de décomposition et des variations qu'ils subissent avec les différentes intensités du courant. On n'a pas non plus, ce qui aurait

jeté une grande lumière sur la question, mesuré la quantité de chaleur nécessaire pour opérer ces décompositions. Il ne faut pas d'ailleurs nous dissimuler la difficulté d'un pareil travail : on ne peut pas, en effet, demander des mesures précises sur un composé encore mal défini, et qui, du reste, est susceptible de variations. Nous devons à Brugnatelli, Brandt, Prévost et Dumas et d'autres, des travaux qui nous permettent de nous rendre compte en partie de ce qui se passe dans l'organisme lorsque l'on soumet l'un de ces tissus à la décomposition électrolytique.

19. — Les liquides et les substances organiques ont, je le répète, une composition complexe et variable ; mais dans tous on trouve des matières salines, véritables sels ternaires, et quelques composés binaires parmi lesquels il convient de citer des chlorures alcalins, des sulfates, des phosphates, des carbonates : il y existe aussi, et en beaucoup plus grandes proportions, des matières albuminoïdes qui peuvent se coaguler, soit par la chaleur, soit par les acides, soit concurremment par l'un et par l'autre de ces agents. L'électrolyse d'un pareil tissu se ramène à l'électrolyse des différents principes immédiats qu'il contient.

20. — Les sels s'électrolysent en suivant les lois de Faraday. L'acide et l'oxygène, dans le cas des oxacides, le chlore dans le cas des hydracides, se porteront au pôle positif et, là, produiront des actions secondaires qui consisteront dans l'attaque de l'électrode si elle est attaquable, dans des oxydations ou des déshydrogénations des tissus voisins de cette électrode. Le métal se portera au pôle négatif, et y produira les actions secondaires habituelles. S'il est gazeux comme l'hydrogène, il se dégagera ou se dissoudra s'il est en faible quantité ; s'il est alcalin, comme c'est le cas le plus fréquent, il décomposera l'eau, produira un

alcali, et l'hydrogène se dégagera encore. On voit donc que, dans tous les cas, on aura à l'électrode négative un dégagement gazeux.

21. — La décomposition électrolytique des matières albuminoïdes est loin d'être aussi connue. Il eût été indispensable, pour bien définir la manière dont elles se comportent lorsqu'elles sont traversées par le courant, de soumettre à son action une solution pure de ces matières. C'est là une expérience qui n'a pas été faite, croyons-nous. La substance qui a été électrolysée par les différents auteurs qui se sont occupés du sujet est l'albumine du blanc d'œuf délayé ou non dans de l'eau. Si donc on soumet à l'action d'un courant électrique intense une solution étendue et filtrée de blanc d'œuf en ayant soin de choisir comme électrodes des lames ou des fils de platine, on constate à l'électrode positive des flocons blancs, solides et denses, qui peu à peu tombent au fond du vase; ces flocons paraissent constitués par de l'albumine coagulée; en même temps, la réaction du liquide qui avoisine l'électrode est acide. À l'électrode négative, au contraire, loin de constater de la coagulation, on constate, lorsque la solution est concentrée, un aspect gélatineux. Dans le cas où nous sommes placés, on ne trouvera aucune apparence particulière, mais on verra un dégagement gazeux d'autant plus abondant que l'intensité du courant sera plus grande; les bulles gazeuses, au lieu de venir librement crever à la surface du liquide, y formeront une écume blanchâtre qui s'accroîtra continuellement. La réaction du liquide qui avoisine l'électrode négative sera franchement alcaline.

À l'analyse, on trouverait dans le liquide autour de cette dernière des bases, potasse, soude, chaux, magnésie; autour de l'électrode positive, le liquide contiendrait les acides

correspondants : acides chlorhydrique, sulfurique, phosphorique. Mais il est intéressant de noter qu'à cette électrode il ne se produit aucun dégagement gazeux ; l'oxygène, qui devrait s'y produire, ne s'y produit pas ; il doit donc être retenu pour servir à l'oxydation des matières albuminoïdes.

Les phénomènes ne se passeront pas exactement de la même façon, si les électrodes, au lieu d'être en platine, sont en métal oxydable, l'acier, par exemple : on n'aurait rien de particulier à noter à l'électrode négative, mais à l'électrode positive le précipité qui se forme a une teinte jaunâtre presque ocreuse, et son examen chimique y indique de notables proportions de fer. Le liquide, qui entoure l'électrode, est lui-même coloré en jaune plus ou moins intense. Ces faits sont faciles à interpréter. L'électrode étant attaquable, les acides, surtout chlorhydriques, vont former des sels de fer, du chlorure en particulier, d'où la coloration ocreuse du précipité. Ce fait est digne d'intérêt, car la production de sels de fer, qui jouissent de propriétés coagulantes énergiques, ne peut être que favorable à la formation du coagulum. Le perchlorure de fer, en effet, coagule un grand nombre des matières albuminoïdes.

Mais ce n'est là qu'une action secondaire ; la véritable action électrolytique qui se passe, que les électrodes soient en métal inattaquable ou qu'elles soient en métal attaqua-
ble, est toujours la même : l'albumine est précipitée au pôle positif.

22. — L'électrolyse du sang donne des résultats comparables. A l'électrode positive, il se forme un caillot rouge, volumineux, semblable aux caillots passifs. A l'électrode négative, le sang au contraire est plus fluide, et il y a production d'hydrogène. Les réactions à l'une et à l'autre

électrode sont du reste absolument les mêmes que celles indiquées à propos de l'albumine. Les caractères du caillot varient sensiblement, comme le démontrent les expériences de Pétrequin et de Strambio, lorsque l'on opère l'électrolyse sur le vivant, le caillot est moins rouge et se rapproche beaucoup des caillots actifs.

23. — A quoi attribuer cette formation du coagulum dans les artères de l'animal vivant? Est-ce comme le veulent certains auteurs à la chaleur dégagée par le passage du courant? Est-ce exclusivement à la décomposition électrolytique des albuminoïdes? Est-ce à l'action des acides mis en liberté à l'électrode positive? Est-ce enfin à une action locale irritante, produisant l'inflammation des tuniques artérielles, comme le veut Constantin Paul à la suite de Broca? Il est difficile de choisir entre ces différentes hypothèses. On peut toutefois éliminer dores et déjà la coagulation par la chaleur, car il ressort d'un grand nombre de travaux que si les électrodes ne sont pas en contact, si le liquide ou le tissu est en un mot réellement traversé par le courant, il n'y a pas de chaleur dégagée, l'énergie du courant étant utilisée pour produire la décomposition. Du reste, en dehors de cette raison plus que suffisante qu'indique la théorie, la coagulation ne peut pas être due à l'action de la chaleur, car alors pourquoi ne se produirait-elle pas à l'électrode négative et sur le trajet du courant? D'ailleurs, on peut constater par l'expérience qu'il n'y a aucun dégagement de chaleur par le passage d'un courant aussi intense qu'on le voudra à travers un électrolyte. MM. Onimus et Legros l'ont démontré dans le cas particulier de l'électrolyse du corps humain. Ils se sont servis pour cette recherche de thermomètres extrêmement sensibles de Walfredin, et ils n'ont jamais pu constater la moindre élévation de température.

24. — Il est difficile de dire si l'albumine pure est réellement coagulée par l'électrolyse ; on est toutefois en droit de le supposer. En jugeant par analogie, il est en effet probable que, comme les autres composés de la chimie organique, la molécule de la matière albuminoïde se trouve décomposée en deux parties, une qui irait à l'électrode positive, l'autre à la négative. Mais il faut, pour affirmer le fait, attendre des expériences plus précises que celles qui ont été faites jusqu'ici.

25. — Nous nous rangerions volontiers à la théorie qui attribue à l'influence des acides la coagulation observée. Cette hypothèse a au moins l'avantage de s'appuyer sur des faits réels, la production d'acides au pôle positif et la coagulation d'un grand nombre de matières albuminoïdes par la plupart des acides. Dans le cas où les électrodes sont en acier, à l'action des acides vient s'ajouter celle du perchlorure de fer qui a pu se former. Cependant on est obligé de reconnaître que cette explication ne peut pas s'appliquer dans tous les cas, il faut alors admettre presque forcément la dernière hypothèse.

26. — On constate, en effet, dans certains cas, rares il est vrai, mais qui ont été bien observés, que la coagulation ne se produit pas pendant le passage du courant, mais attend pour se faire tantôt douze, tantôt vingt-quatre heures. On est pour ainsi dire forcé dans ces cas d'admettre que sous l'influence du courant il s'est formé un noyau d'endartérite autour duquel la coagulation se fera plus tard.

27. — En somme, la coagulation des matières albuminoïdes n'est pas aussi simple qu'on pourrait le supposer. Il est nécessaire pour son explication de faire intervenir divers facteurs dont l'action n'est pas la même et dont

Doumer.

11

l'importance relative varie d'un cas à un autre. La force électrolytique intervient d'abord pour la formation d'un caillot soit directement soit par l'intermédiaire des acides; l'endartérite interviendrait ensuite pour l'accroître. Mais quoi qu'il en soit, il n'en est pas moins parfaitement constaté que l'électrode positive seule concourt à la coagulation; l'électrode négative, au contraire, à cause précisément de son alcalinité, *tendrait à fluidifier la masse sanguine et peut-être même une masse déjà coagulée.*

28. — *Calculs urinaires.* — Une classe de produits que l'on ne peut pas ranger parmi les tissus pathologiques, mais qui nécessitent, dans certains cas, l'intervention du chirurgien et des opérations difficiles peut, peut-être, fournir au courant électrique une source nouvelle d'applications; je veux parler des calculs urinaires,

Prévost et Dumas (1823) ont montré par des expériences extrêmement curieuses, qui ont été confirmées par Bonnet (de Lyon) et Bence Jones, que certains calculs urinaires peuvent être dissociés par l'action d'un courant électrique continu d'une grande intensité. Les expériences faites par Prévost et Dumas sont très concluantes, elles ont eu lieu sur des calculs contenus, soit dans des vases remplis d'eau distillée, soit dans des vessies de chiens. Ces auteurs ont constaté que sous l'influence du courant produit par un grand nombre d'éléments (120), des calculs, constitués par du phosphate de chaux, se trouvent dissociés et réduits à l'état de poussière à grains plus ou moins fins. La durée de l'expérience a été de dix heures. L'expérience, renouvelée un très grand nombre de fois, a toujours donné des résultats analogues.

Les auteurs ont voulu voir alors si les mêmes faits pou-

vaient se produire dans la vessie, sans inconvénients pour le sujet. Ils ont alors introduit dans la vessie d'un chien un calcul phosphatique, ont injecté de l'eau tiède, pour maintenir la vessie distendue, puis saisissant le calcul entre les deux électrodes d'une pile formée de 135 éléments à acide nitro-sulfurique, ils ont constaté que l'animal, légèrement incommodé dès le début, et le marquant par quelques mouvements, ne tardait pas à se calmer de la manière la plus complète ; et cependant le courant décomposait l'eau avec une grande énergie. L'expérience a duré une heure. On l'a répétée pendant six jours une heure le matin et une heure le soir, et au bout de ce temps le calcul était devenu extrêmement friable.

L'innocuité du courant aussi intense est absolue pourvu, bien entendu, que les parois de la vessie ne soient pas en contact avec les électrodes.

29. — Quelle théorie peut-on donner du phénomène? On ne peut guère, suivant les auteurs, l'expliquer que par l'électrolyse réelle. L'acide se porte à l'électrode positive, la base à l'électrode négative, puis, par diffusion, ils se combinent et forment une bouillie qui tombe au fond de la vessie. Lorsqu'une grande partie du calcul a ainsi disparue, le reste forme une masse friable, car la décomposition électrolytique s'est faite dans le sens de la plus faible résistance. Des parties intérieures ont été enlevées, car elles offraient un passage plus facile au courant, d'où la friabilité de ce qui reste.

30. — Puis Prévost et Dumas se sont demandés si tous les calculs pouvaient être ainsi décomposés, et ils ont constaté que ceux formés par l'acide urique pur, ou bien ceux où domine cet acide, ne pouvaient l'être.

31. — Quant au liquide qui favorise le plus la décompo-

position, c'est l'eau tenant en dissolution de l'azotate de potasse.

32. — Après avoir rapporté ce qui se passe lorsque l'on soumet à l'électrolyse un tissu seulement, voyons les résultats que les savants ont obtenus en faisant passer le courant dans le corps même, soit de l'homme, soit de l'animal vivants. C'est Strambio, puis quelque temps après Cini-selli qui ont particulièrement traité cette question. On se rappelle que, sous l'influence d'un courant intense, Davy a pu décomposer les sels contenus dans un morceau de chair. Lorsque l'on applique les pôles en deux points différents du corps, les mêmes phénomènes vont se passer. Mais il faut tenir compte ici de la direction que le courant doit suivre : or elle varie selon le degré de conductibilité des tissus qu'il va rencontrer.

34. — Lorsque l'on réunit les deux pôles d'une pile par plusieurs conducteurs de résistance différente, l'expérience démontre que chacun d'eux est traversé par un courant dont l'intensité est proportionnelle à sa conductibilité. Ce sont là *des courants dérivés*.

Le corps étant constitué par différents tissus offrira au courant plusieurs chemins dont les résistances ne seront pas les mêmes. Aussi le courant se divisera-t-il : le tissu le plus conducteur sera traversé par le courant le plus intense. Les auteurs ont essayé de déterminer exactement la conductibilité des différents tissus. Ils n'y sont arrivés qu'imparfaitement, les méthodes employées étant défectueuses. Ces mesures en effet datent déjà de longtemps et n'ont pas été reprises depuis. Toutefois, comme elles indiquent surtout des rapports, je vais les rapporter rapidement.

C'est principalement Eckardt qui a mesuré la résistance

des tissus du corps humain et il est arrivé à cette loi que *en général leur résistance est inversement proportionnelle à leur imbibition.*

	RÉSISTANCES. celle du muscle étant 1 pour 100	HUMIDITÉ.
Tissu musculaire	1	2 à 80
Tendon	1,8 à 2,5	62
Nerfs	1,9 à 2,4	39
Cartilages	1,8 à 2,3	50 à 75
Os	16 à 22	3 à 7

La proportionnalité n'est pas absolue ; aussi serait-il bon de modifier l'énoncé de cette loi et dire que la *conductibilité varie dans le même sens que l'humidité.* C'est ce que le tableau précédent démontre.

35. — Le tissu de tous, le plus résistant est l'épiderme, surtout lorsqu'il est sec. Mais la résistance qu'il présente varie beaucoup selon le point considéré : cela dépend de la différence de constitution. Ainsi les conduits glandulaires toujours plus ou moins humides favorisent le passage du courant ; par contre la sécheresse extrême des téguments peut lui opposer une barrière pour ainsi dire infranchissable. Il nous a été donné, en effet, de constater un cas de cette nature chez un officier qui à la suite de blessures avait une paralysie du cubital et une sécheresse absolue du tégument de la main. Le courant de 10 éléments Bunsen en série ne passait pas lorsque les électrodes étaient appliquées l'une sur le dos de la main malade, l'autre dans la paume. Il passait au contraire très facilement au travers de l'autre main.

En général, on peut dire avec Remak que la principale partie de la résistance sera vaincue lorsque l'humidité des électrodes sera mise en contact avec l'humidité du corps.

On y arrive en humectant la peau, soit avec de l'eau ordinaire, soit avec de l'eau salée, soit encore avec de l'eau acidulée. Il est bon d'attendre que l'eau ait bien pénétré à travers les interstices que laissent les débris épithéliaux.

36. — Pouillet avait déjà essayé depuis longtemps (1827) de mesurer la résistance du corps humain, résistance dont la plus grande partie est due, je le répète, à l'épiderme, et il avait constaté qu'un courant passant d'une main à l'autre, les mains étant mouillées et plongées dans le mercure, était affaibli autant que s'il avait traversé 45 km. de fil de cuivre de un millimètre de diamètre. Lenz et Ptschnelnikoff qui ont repris cette mesure, mais sans mouiller l'épiderme, ont constaté que la résistance du corps humain est la même que celle d'un fil de cuivre de un millimètre de diamètre sur une longueur de 91,762 mètres. Les nerfs sont très mauvais conducteurs ; il en est de même du tissu osseux.

37. — On voit donc que la résistance au courant est loin d'être la même pour les différents tissus aussi, lorsque l'on fera passer un courant dans une partie du corps, il ne faudra pas croire que sa direction sera exactement rectiligne. Il se produira des courants dérivés qui pourront s'écarter beaucoup ; mais comme ils partent tous d'une électrode pour aboutir à l'autre, c'est dans le voisinage de ces dernières que le courant aura son maximum d'effet.

38. — Deux procédés peuvent être employés pour faire passer le courant au milieu des tissus. Le plus simple consiste à appliquer directement sur la peau dénudée ou non les deux électrodes auxquelles on peut donner les formes les plus variées. L'autre consiste à enfoncer profondément dans les chairs des aiguilles fines qui constituent les deux

électrodes ; ce procédé constitue l'électropuncture. C'est lui que nous emploierons tout d'abord.

39. — Si l'on fait traverser une portion du corps humain par un courant, d'une intensité suffisante, introduit par des aiguilles métalliques, le phénomène d'électrolyse aura lieu suivant les lois habituelles : les acides allant à l'électrode positive, les bases à la négative. Dans l'intervalle on ne constatera aucune modification particulière. Les tissus qui avoisinent l'électrode positive présenteront tous les caractères de tissus caractérisés par les acides ; il y aura par conséquent de la rougeur, de la turgescence, une élévation de température. A l'électrode négative les modifications observées seront celles que produit la cautérisation par un alcali ; de plus les tissus seront pâles et emphysémateux, à cause du dégagement d'hydrogène.

40. — Tels sont les caractères que présenteront les tissus avoisinant les deux électrodes, si celles-ci sont en platine ou dorées ; mais si le métal employé est attaquable, si elle est en fer au pôle positif, on verra un cercle noirâtre qui ira en s'agrandissant et en même temps l'aiguille sera attaquée. Rien de particulier à l'électrode négative.

41. — Lorsqu'on retire les électrodes, il s'écoule généralement quelques gouttes de sang surtout par la piqure négative. Quelquefois, surtout lorsque l'eschare produite à l'électrode négative présente d'assez grandes dimensions, elle peut devenir l'origine d'une hémorrhagie.

42. — Le courant électrique, dans ce cas, agit donc comme un caustique potentiel, et l'on peut obtenir avec lui une cautérisation par acides ou par alcalis. Mais ces actions du courant, sur lesquelles nous reviendrons plus loin, peuvent être singulièrement augmentées au gré de l'opérateur. Puisque le courant n'agit que par les acides

ou les bases qu'il rencontre sur son passage, ne peut-on pas introduire dans les tissus certains sels qu'il décomposera, et dont les éléments auront des propriétés modificatrices plus puissantes?

43. — Dès 1863, Wilhelm a répondu à cette question en montrant qu'en introduisant de l'iodure de potassium dans les liquides de l'organisme, on retrouve l'iode à l'électrode positive. Le même résultat est obtenu, plus sûrement même, si l'électrode négative plonge dans un vase contenant une dissolution concentrée d'iodure de potassium en contact avec la peau. L'iode traverse les téguments et les tissus et va se rendre à l'électrode positive. Le passage est bien plus facile si la peau est dénudée de son épiderme.

Wilhelm en 1863 et en 1869, Beer en 1867, Barwinkel en 1870, Eulemberg en 1870, Brückner 1870, Spillmann et Petermann 1871 ont tous démontré que l'iodure de potassium était réellement décomposé par le courant et que l'iode se dirigeait vers l'électrode positive. Brückner ne croit pas toutefois que l'iode puisse parvenir jusqu'à elle : à son avis, il serait arrêté dans les tissus. L'opinion de Brückner me paraît étrange car je ne vois pas pourquoi les principes organiques qui auraient fixé cet élément chimique ne seraient pas décomposés à leur tour.

Mais bien plus étrange est l'opinion de Gross (1871), qui n'admet en aucune façon le transport d'iode de l'électrode positive à l'électrode négative. Quoique cet auteur n'ait pas retrouvé l'iode à cette dernière, il ne s'ensuit pas qu'il ne puisse y être transporté. Précisément, l'année précédente, Spillmann et Petermann avaient prévu l'objection et avaient démontré que l'iode pouvait être fixé dans certains cas par des solutions alcalines se trouvant en grande abondance dans les tissus.

De nombreux et habiles expérimentateurs ont nettement constaté ce transport qui du reste doit exister en vertu des lois de Faraday. L'année suivante (1872), dans leur traité d'électrothérapie, Onimus et Legros ont annoncé avoir pu déceler l'iode à l'électrode positive par l'eau amidonnée.

44. — Bien moins certains sont les résultats auxquels Onimus et Legros prétendent être arrivés avec l'azotate de potasse. Ils annoncent en effet, ce qui du reste était à prévoir, que, dans les mêmes conditions, ce sel est décomposé et que l'acide azotique se porte à l'électrode positive, où ils l'ont constaté par la vue et par l'odorat. N'ayant pas répété l'expérience, il m'est difficile de contredire le fait, mais il me paraît absolument contraire aux propriétés physiques et chimiques de l'acide azotique de pouvoir exister en nature, à l'état de vapeur, alors qu'il vient d'être en contact avec des tissus gorgés de liquides et éminemment oxydables. Tout au plus les auteurs ont-ils pu voir un dégagement de vapeurs rutilantes, quoique le fait me paraisse difficile. Mais cette petite discussion ne porte pas sur le fait particulier de la présence à l'électrode positive de l'acide azotique $A_2O^6H^2$.

Il est infiniment probable qu'il s'y trouve réduit et puisse ainsi concourir puissamment à la production d'une eschare en ce point.

45. — L'importance de ces faits ne saurait échapper à personne. Le chirurgien possède un procédé simple, de produire au point où il le désire une eschare aussi profonde qu'il le voudra et dont il est pour ainsi dire libre de modifier à son gré le caractère. Il peut, en effet, amener soit de l'iode à l'état de liberté, soit de l'acide azotique dont les propriétés sont si énergiques, soit toute autre substance

acide qu'il voudra. L'attention du monde médical n'a pas suffisamment été portée sur ce fait. Les résultats obtenus avec l'iode font espérer que des recherches faites dans ce sens avec les différents caustiques rendraient de grands services à la chirurgie.

46. — L'application du procédé est facile. Le sel (KI) doit toujours être mis en communication avec l'électrode négative et servir à la relier aux tissus. Pour cela une compresse imbibée d'une solution concentrée, placée entre l'électrode négative et le corps, pourra parfaitement convenir. Le passage se fera bien mieux, je le répète, si la peau est dénudée de son épiderme.

47. — L'électrolyse agissant comme les caustiques potentiels, c'est à ces derniers qu'il faut la comparer pour juger de sa valeur. Les caustiques potentiels, chimiquement parlant, appartiennent à trois classes : les *caustiques acides*, les *caustiques alcalins*, les *caustiques neutres*, comme le chlorure de zinc. Nous pouvons facilement à l'aide de l'électrolyse produire les caustiques des deux premières classes. Quant aux caustiques neutres, l'électrolyse est incapable de les produire directement. Toutefois on peut, utilisant les actions secondaires, leur donner naissance au sein des tissus. Ainsi on peut produire du chlorure de fer en substituant une aiguille d'acier à l'aiguille de platine à l'électrode positive. En lui substituant une aiguille de zinc on aurait du chlorure de zinc. Mais, le plus souvent, la cautérisation par les acides ou par les bases est suffisante. On appelle quelquefois *électrode ou pôle acide* l'électrode positive et *électrode ou pôle alcalin* l'électrode négative. On dit aussi la *cautérisation négative* et *eschare négative* pour désigner la cautérisation et l'eschare qui se produisent à l'électrode négative. De même la *cautérisation* et l'*eschare*

positives sont la cautérisation et l'eschare qui se produisent à l'électrode positive.

48. — L'emploi des caustiques acides est assez limité, car ce sont des corps chimiques peu maniables ; on préfère d'habitude les alcalis ou le chlorure de zinc que l'on emploie soit sous forme de pâte, soit sous forme solide, quelquefois aussi à l'état de solution. Quel que soit le caustique chimique employé, on trouve toujours des inconvénients dans son application. Il est, en effet, difficile de limiter son action au point où la cautérisation serait nécessaire ; il déborde généralement les points d'application. En un mot, il est difficile d'exactement circonscrire ses effets. Mais un autre inconvénient plus grave que le précédent est l'absorption du caustique qui peut amener de graves désordres dans l'organisme. Nous nous souvenons encore d'un cas de mort dû à l'absorption de chlorure de zinc.

Un dernier inconvénient est leur lenteur d'action. Il faut, en effet, souvent qu'ils détruisent l'épiderme, ce qui demande un certain temps ; ce n'est qu'après cette destruction que la cautérisation marche rapidement.

49. — Avec l'électrolyse, rien de pareil à craindre. On n'a aucun liquide à manier, aucune pâte à préparer.

Les acides ou alcalis, qui produisent la cautérisation, sont des principes de l'organisme dont l'absorption ne peut être suivie d'aucun mauvais effet. Enfin leur action est immédiate. Toutes ces raisons devraient faire adopter la cautérisation par électrolyse, et cependant c'est une méthode encore à créer.

50. — J'ai dit que l'on pouvait encore faire pénétrer le courant dans l'organisme à l'aide d'électrodes appliquées sur la peau, soit naturelle, soit dénudée ; pour la dénuder, un petit vésicatoire suffit. Lorsqu'on ne recourt pas à ce

procédé toujours un peu douloureux, il faut avoir soin de tenir compte de ce qui a été dit à propos de la résistance de l'épiderme. Il faut, en effet, comme le dit Remak, que l'humidité du corps soit mise en contact avec l'électrode. On emploie à cet effet des électrodes métalliques recouvertes de peau de chamois qui doit être toujours humectée, soit avec de l'eau pure, mieux avec de l'eau salée. La peau doit avoir été lavée avec soin pour enlever la couche grasseuse qui la recouvre habituellement.

Dans ces conditions, on constate quoique moins bien le même phénomène qu'avec les aiguilles. Les eschares sont plus difficiles à produire, car les acides ou alcalis dégagés sont répartis sur une plus grande surface.

51. — On peut encore, et c'est là ce qui a été préconisé par Anderson, ne plonger dans les tissus qu'une seule électrode, l'autre étant appliquée à la surface des téguments.

Avant donc d'enfoncer les électrodes, le praticien devra décider s'il veut employer la cautérisation acide ou la cautérisation alcaline, et suivant le cas, il enfoncera l'électrode positive ou la négative. L'autre électrode devra être appliquée sur la peau avec les précautions indiquées ci-dessus.

PILES ET APPAREILS.

52. — Deux parties à considérer dans les appareils utilisés : 1° le *générateur* du courant ou la *pile* ; 2° les électrodes qui doivent être mises en contact avec les tissus. Les électrodes et la pile sont mises en communication à l'aide de fils de cuivre isolés.

53. — *Pile*. Une pile formée d'éléments quelconques peut servir, mais il faut pour la disposer de la façon la plus

avantageuse tenir compte des règles que nous avons indiquées au début de ce chapitre. On trouve dans certains auteurs, dans Ciniselli, en particulier, des règles qui me paraissent être insuffisantes. Ainsi, d'après le savant italien, pour *coaguler sans désorganiser, il faut employer une pile à tension assez faible donnant une grande quantité d'électricité ; pour détruire les tissus, il faut une pile de forte tension, mais de faible intensité*. Malgré leur apparente simplicité, ces règles ne tenant aucun compte de la résistance de l'élément et de celle du circuit extérieur, ne peuvent être d'aucune utilité pratique ; dans certains cas même, elles sont de véritables non sens.

54. — La coagulation et la désorganisation sont dues à la même cause ; seulement la désorganisation des tissus n'arrive que lorsque la quantité d'acides ou de bases est très considérable. Il faut donc éviter une électrolyse trop violente et trop rapide, et comme, en vertu des lois de Faraday, la quantité d'électrolyte décomposée est proportionnelle à l'intensité, il faudra diminuer cette dernière et lui donner la valeur minima qu'elle peut atteindre. Pour cela, il faut, ou bien choisir un élément à faible force électromotrice, ou bien un élément à grande résistance intérieure. Il n'est pas toujours facile de choisir l'élément ; le plus souvent les praticiens n'en ont qu'un modèle à leur disposition ; il convient donc d'augmenter la résistance intérieure de la pile ; ce qui est facile, on le sait.

Lorsque l'on voudra *produire un caillot sans amener d'eschare étendue, il est bon de diminuer l'intensité du courant*. Si l'on cherche au contraire la *production d'une eschare profonde et étendue, il faut l'augmenter et pour cela il suffit de diminuer la résistance*.

55. — Les électrodes sont de deux sortes : ou bien de simples aiguilles ou bien des plaques.

Aiguilles. Les aiguilles à galvanopuncture sont longues et fines. Dujardin-Beaumetz et d'autres auteurs indiquent comme donnant de bons résultats des aiguilles dont le diamètre est de 0^{mm}6 à 0^{mm}8. La longueur doit être variable; toutefois trop longues elles sont gênantes; 8 à 10 centimètres sont ordinairement une bonne longueur. On emploie le platine ou le cuivre doré; ce sont alors des électrodes dites insolubles. On peut aussi utiliser le fer ou l'acier, mais alors l'électrode est soluble. Beaucoup de chirurgiens, ceux qui n'emploient qu'une seule électrode (la positive), préfèrent ces dernières.

Il est bon une fois les aiguilles introduites dans la tumeur d'en assurer l'immobilité. Aussi conseille-t-on de ne pas les relier aux pôles de la pile avec de gros fils. On emploie des fils de cuivre fin enroulés en hélices et isolés; le contact est établi à l'aide de serres-fines.

Une autre précaution encore indiquée et qui a sa raison d'être, est d'enduire les aiguilles sur une partie de leur longueur d'un vernis isolant, de telle sorte qu'il n'y ait que l'extrémité plongeant au sein de la tumeur qui soit à découvert.

56. — *Plaques.* Les plaques ont des formes et des dimensions variables suivant la région à électrolyser et suivant l'effet que l'on veut obtenir.

Quelle que soit la forme, la surface qui doit être en rapport avec le tégument est recouverte le plus souvent d'une peau de chamois qu'il faut avoir grand soin de maintenir mouillée tant que l'on s'en sert.

APPLICATIONS CHIRURGICALES

57. — Dès avant l'invention de la pile de Volta, on songeait à l'application du courant électrique au traitement des maladies; mais ce ne fut plus que tard, lorsque l'on eut constaté l'action du courant sur les liquides de l'organisme que l'on songea à l'appliquer à la chirurgie.

C'est à Guérard (1831) que revient l'honneur d'avoir songé à utiliser pour la guérison des anévrysmes l'action coagulante de la pile. Il fit avec Pravaz quelques expériences qui donnèrent de bons résultats. Quelques années après (1837) A. Becquerel fit le premier, dans le service de Bérard, une application de cette méthode; du reste, elle fut cessée trop tôt et ne donna aucuns résultats.

Le premier succès est dû à Petrequin 1845, mais c'est surtout à Ciniselli 1846 et années suivantes que la méthode doit d'avoir fait des progrès.

Pendant une longue période de tâtonnements de 1845 à 1870, les différents auteurs qui s'occupèrent du traitement des anévrysmes par l'électrolyse fixèrent peu à peu les conditions où l'on doit se placer pour réussir.

Pendant que Ciniselli affirmait qu'il est essentiel à la coagulation du sang de plonger les deux électrodes dans l'anévrysme, Hamilton, en Angleterre (1846), démontrait que l'aiguille positive seule est utile, l'électrode négative étant appliquée sur les téguments du côté opposé à la tumeur.

Debout 1847, Baugmartin et Wertheimer 1852, Amusat, 1851, Nélaton, 1852, et Ricord essayèrent la nouvelle méthode et en indiquèrent les avantages. Mais à partir de

1870, la méthode qui était pour ainsi dire cantonnée en Italie fit son entrée définitive en France, puis Angleterre avec Anderson, Charlton Bastian et Brown, en Allemagne avec Franz Fischer.

C'est alors que la méthode de Ciniselli fut vivement attaquée, surtout en France et en Angleterre par Tripier, puis par Tessier et Frank, qui démontrèrent la production de gaz à l'électrode négative.

Les anévrysmes ne sont pas les seuls cas chirurgicaux, où l'action électrolytique du courant ait été employée. Dans toutes les tumeurs vasculaires, comme hémorroïdes et tumeurs érectiles, polypes naso-pharyngiens, on peut en retirer de bons effets. Massé 1850, Boulu, 1853, et Bouvier, 1853, l'emploient dans le traitement des adénites scrofuleuses et obtiennent de bons résultats.

Bouchaud en 1873, Althaus en 1874, au traitement de l'odontalgie. Neftel contre les tumeurs malignes. Gaillard Thomas, Kinsbalt et Cutter, Aimé Martin et Chéron en 1877-78-79 aux corps fibreux de l'utérus.

Avec Mallez, 1872, Newmann, 1875, les rétrécissements de l'urètre trouvèrent dans le courant galvanique un très bon traitement.

L'électrolyse a été encore appliquée aux ulcères. Goldinbirg, 1876, Onimus, Arnold, Staës-Brame, 1877.

Ce rapide historique montre quelle grande place la méthode électrolytique s'est faite en chirurgie. Les indications bibliographiques le montrent encore mieux.

L'emploi de l'électrolyse peut se rapporter à deux chefs principaux :

- 1° Elle agit comme *hémostatique*.
 - 2° Elle agit comme *vérit able caustique*.
58. — Les propriétés hémostatiques ont été utilisées

dans le traitement des tumeurs très vasculaires et surtout dans celui des anévrysmes. On les emploie avantageusement dans les varices, le varicocèle, les hémorroïdes, les polypes naso-pharyngiens, les tumeurs érectiles.

L'application dans ces diverses tumeurs est des plus simples. On y enfonce deux aiguilles et l'on fait passer un courant pendant un temps variable de 10 à 20 minutes rarement plus. Le sang se coagule, oblitère les vaisseaux, la tumeur se flétrit et disparaît.

Mais de toutes, l'application la plus importante est certainement celle qui a été faite au traitement des anévrysmes ; ces tumeurs en effet souvent volumineuses et souvent aussi mortelles laissent le chirurgien désarmé ; surtout profondément situées elles sont en dehors de toute intervention chirurgicale. Les substances médicamenteuses sont également sans effets. Quant à l'emploi du courant électrique, on peut espérer aujourd'hui sinon guérir du moins améliorer considérablement les malades.

59. — C'est surtout à Ciniselli que l'on doit d'avoir établi une méthode qui a donné de bons résultats. L'auteur et ses élèves enfonce des aiguilles d'acier dans la tumeur. Leur nombre varie avec le volume de l'anévrysme ; en général une aiguille suffit pour deux ou trois centimètres carrés. Puis ils mettent une des aiguilles, l'aiguille A par exemple, en communication avec le pôle positif, l'électrode négative étant appliquée sur une région voisine. Au bout de cinq minutes la disposition est changée. Le pôle positif est mis en communication avec l'aiguille B et le négatif avec l'aiguille A. On continue ainsi en plaçant toujours le pôle positif sur une aiguille par où n'est pas passé le courant, le pôle négatif étant mis en contact avec l'aiguille que vient de quitter le pôle positif ; chaque application ne doit

Doumer.

13.

pas durer plus de cinq minutes, et l'on doit s'arrêter lorsque le pôle négatif a été mis deux fois en communication avec chaque aiguille.

Le courant est produit par une pile voltaïque qui dégage 2 centimètres cubes d'hydrogène en cinq minutes.

60. — Ciniselli prétend, par ce procédé, prévenir à coup sûr, les hémorrhagies qui se produisent souvent à l'électrode négative, lorsque cette dernière reste au même point de la tumeur pendant toute la durée de l'opération. L'effet de la méthode est facile à expliquer : sous l'influence du courant la coagulation se produit, mais il se produit également des acides et des bases. Les bases, qui se portent à l'électrode négative, viennent saturer les acides que l'électrode positive avait accumulés autour de l'aiguille. L'effet que l'on désire est ainsi obtenu et l'on évite l'inconvénient de la présence d'acides et de bases qui pourraient produire des eschares redoutables.

61. — On a fait de graves reproches à ce mode opératoire. On a dit que l'eschare négative produisait des hémorrhagies foudroyantes ; nous venons de voir comment Ciniselli a répondu à cette objection.

On a dit aussi, et les expériences de Teissier et de Frank le démontrent qu'il se produit un dégagement gazeux à l'électrode négative ; et que le gaz, ne trouvant pas d'issue, pourrait produire des embolies gazeuses. Cette objection, toute théorique qu'elle est, nous ne connaissons pas en effet des cas où ces embolies aient eu lieu, n'est pas sans valeur ; elle doit être prise en sérieuse considération malgré les travaux contradictoires de Bacchi et Bochefontaine.

On a dit, enfin, que l'introduction de l'électrode négative est absolument inutile à la formation du caillot ; qu'elle

est gênante pour l'opérateur et douloureuse pour le malade.

62. — Aussi, à la suite d'Hamilton, d'Anderson et de Charlton Bastian, les chirurgiens anglais et français ont modifié le procédé opératoire de Ciniselli. Ils n'enfoncent dans l'anévrysme que l'électrode positive.

On introduit à cet effet une ou plusieurs aiguilles à galvanopuncture, et l'on établit la communication de l'une d'elles avec le pôle positif de la pile. L'autre électrode est placée en un point quelconque du corps, à la cuisse, par exemple, comme le pratique Dujardin-Beaumetz.

Toutes les aiguilles implantées doivent être mises successivement en contact avec le pôle positif.

63. — Je ne puis pas, on le comprend, faire la statistique de tous les cas où l'électropuncture a été appliquée au traitement des anévrysmes. Je dois pourtant dire que les guérisons sont excessivement rares ; mais, par contre, des améliorations ont presque toujours lieu.

Depuis les derniers perfectionnements qu'a reçus la méthode, on n'a plus que rarement à enregistrer des cas malheureux.

64. — L'électrolyse peut encore agir uniquement comme caustique. C'est cette dernière action que recherchent les chirurgiens dans une foule de cas. A l'aide de l'acidité de l'électrode positive, et de l'alcalinité de l'électrode négative, on modifiera très avantageusement, soit des ulcères, et des tumeurs de toutes natures, soit des rétrécissements, des fissures du mamelon, l'hydrocèle, etc.

65. — Dans le traitement des ulcères, on arrive à de très bons résultats. Becquerel en modifie à volonté la réaction et produit plus rapidement leur cicatrisation.

Pour produire ces effets, il n'est pas besoin de recourir à

des piles puissantes ; il suffit de recouvrir l'ulcère avec des lames métalliques appropriées, une lame de zinc, par exemple, une lame de cuivre ou d'argent étant placée dans le voisinage et une communication métallique les reliant ensemble. Je n'insiste pas sur ce traitement, je renvoie pour les détails à la thèse de M. Arnold.

66. — Pour appliquer l'électrolyse aux autres cas chirurgicaux ou bien on implante dans la tumeur une aiguille à galvanopuncture, ou bien on applique à sa surface une électrode de forme appropriée, l'autre étant appliquée en un point quelconque du corps.

C'est ainsi que dans le rétrécissement de l'urèthre on introduit une sonde métallique, recouverte d'une substance isolante sur toute sa surface excepté en un point, que l'on doit placer à l'endroit précis où l'on veut produire la cautérisation. On fait alors communiquer la sonde avec le pôle de la pile dont on veut utiliser les effets, le positif habituellement.

67. — Mais on peut accroître d'une façon considérable l'effet caustique du courant. Il suffit pour s'en convaincre de se rappeler les expériences de transport électrolytique d'iode à l'électrode positive. Cette méthode est surtout applicable aux tumeurs scrofuleuses, aux adénites en particulier. L'électrode positive doit être en platine et constamment plongée dans la tumeur : c'est à l'électrode négative que l'on doit placer le corps susceptible de fournir l'iode ; ce sera une solution d'iodure de potassium, tantôt pure, tantôt additionnée d'iode. On pourra encore avoir recours à une solution alcoolique.

Quelques auteurs préconisent l'injection sous-cutanée de la solution employée, au point précis où doit être placée l'électrode négative. D'autres conseillent l'emploi d'une com-

presse imbibée de la solution, interposée entre cette électrode et la peau dénudée d'épiderme. Pour d'autres enfin une compresse, sans dénudation, suffit.

Dans le cas où l'on emploie la teinture d'iode, un badigeonnage préalable, au point d'application de l'électrode négative suffira amplement, si l'on a soin d'interposer, comme toujours, une compresse imbibée d'eau salée,

Ce mode de traitement peut encore être appliqué aux autres tumeurs. Je le répète, il est loin d'avoir donné tout ce qu'on est en droit d'attendre de lui.

68. — Restent enfin les calculs urinaires. Nous avons vu les expériences si pleines de promesses de Prévost et Dumas; cependant ce n'est que longtemps plus tard, en 1848, que Mélicher de Vienne, appliqua, deux fois la méthode sur l'homme, et obtint deux résultats heureux. D'autres tentatives furent faites, mais n'ont pas toujours été suivies de bons effets. Peut-être les opérations ont-elles été mal conduite? Peut-être les chirurgiens ont-ils reculé devant l'emploi d'un courant aussi énergique que celui dont se servaient Prévost et Dumas? Nous croyons que le dernier mot n'est pas dit sur ce sujet et qu'il serait utile de le reprendre.

BIBLIOGRAPHIE.

- ALONZO, 1874. — De l'électricité dans le traitement des engelures. In British med. Journ.
- ALTHAUS, 1867. — On the treatment of Tumours by Electrolysis. In Brit. med. Journ.
- 1870. — A Treatise on Medical Electricity, Theoretical and Practical, etc.

- 1875. — Traitement des tumeurs par l'électricité. In Brit. med. Journ.
- 1876. — Trait. des tumeurs par électrolyse. In Berl. Klin. Woch.
- 1880. — Trait. des tumeurs par électrolyse. In The Lancet.
- AMUSSAT, 1853. — De la cautérisation au moyen de l'électricité. In Comp. rend. Acad. des Scien.
- 1854. — Id.
- 1873. — Traitement des kystes séro-sanguins du cou par l'électrolyse. In Bull. génér. de Thér.
- ANDERSON (Mac-Call), 1873. — Case of aneurism of the arch of the Aorta treated by galvanopuncture. In Brit. Med. Jour.
- 1874. — Clinical lecture on two cases of aneurism of the arch, etc. In The Lancet.
- 1879. — Discussion on the treatment of internal aneurism. Brit. Med. Journ.
- AUGUSTIN, 1801. — Vom Galvanismus und dessen medicinischen anwendung.
- 1803. — Versuch einer vollständigen systematischen Geschichte der galvanischen Electricität, und ihrer medicinischen Anwendung.
- AUSTIE, 1874. — Galvanopunctura in a case of abdominal aneurism. In The Lancet.
- BACCHI, 1878. — Recherches sur le traitement des anévrysmes de l'aorte. In Bull. de Thér.
- BALFOUR, 1879. — Discussion sur le traitement des anévrysmes. In Brit. Med. Journ.
- BAR WINKEL, 1870. — Application de l'électrolyse à la thérapeutique. In Schmidt's Jahrb.
- BASTIAN (Charlton), 1873. — Clinical lecture on a case of aneurism of the Arch of the Aorta treated by galvanopuncture. In Brit. Med. Journ.
- BEARD, 1878. — Traitement des tumeurs érectiles par l'électrolyse. In New-York Med. Rec.
- BEARD et ROCKWELL, 1871. — A Practical Treatise on the Medical and Surgical Uses of Electricity.
- BEAUME (La), 1828. — Du galvanisme appliqué à la médecine.
- BÉCLARD, 1855. — De l'électricité envisagée dans ses applications à la physiologie et à la thérapeutique. In Gaz. hebdomadaire.
- BECQUEREL, 1860. — Traité des applications de l'électricité, etc.
- BEER, 1869. — Application de l'électrolyse à la thérapeutique. In Wien. Med. Presse.

- BENCK JONES, 1853. — Dissolutions des calculs urinaires par l'électrolyse. In Phil. Trans.
- BERGER ET ONIMUS, 1881. — Kyste sanguin du corps thyroïde traité par l'électrolyse. In Bull. de Soc. de Chir.
- BERNARD, 1880. — Traitement du varicocèle. Thèse de Paris.
- BONNET (de Lyon), 1835. — Destruction des calculs urinaires par l'électrolyse. In Bibl. univ. de Genève.
- BOODITCH, 1876. — Thoracic aneurism treated by Electrolysis. In The Boston med. and Surg. Journ.
- BOUCHAUD, 1873. — Traitement de l'Odontalgie par le courant continu. In Gaz. des Hôp.
- BRENNER, 1869. — Ueber die chemische und thermische Galvanocaustik. In Unsters. und Beob. auf d. Gebiete der Electrotherapie. Leipzig.
- BRENNER ET JANUSZKJEWITSCH, 1870. — Mittheilungen aus dem Gebiete der Galvano-chirurgie. In Peterburg. Med. Zeitsch.
- BROCA, 1866. — Des anévrysmes et de leur traitement.
— 1866. — Traité des Tumeurs.
- BROVONE, 1878. — Case of aortic aneurism treated by electropuncture. In The Lancet.
- BRUCKNER, 1870. — Transport de l'Iode par l'électrolyse. In Deutsch. Klinik.
- BRUNS, 1870. — Die Galvano-chirurgie oder die Galvanocaustik, und Electrolysis bei chirurgischen Krankheiten. Tübingen.
— 1873. — Polypes naso-pharyngiens. In Berl. clin. Woch.
- BUCQUOY, 1879. — Traitement de l'anév. de l'aorte. Acad. de méd.
— 1879. — Un cas d'anév. de l'aorte traité avec succès par l'électrolyse. In Union médicale.
- CHÉRON (J.), 1879. — Tumeurs fibreuses de l'utérus par l'électrolyse. In Gaz. des hôp.
- CINISELLI, 1856. — Sulla elettro-punctura nella cura degli aneurismi.
— 1860-1862. — De l'action chimique de l'élect. sur les tissus vivants et de ses applications therap. In Gaz. des hôp.
— 1866. — Résumé des études sur la galvano-caustique chimique. In Gaz. méd. de Paris et Gaz. des hôp.
— 1866. — Du traitement des polypes naso-pharyngiens par l'électrolyse. In Gaz. des hôp.
— 1870. — Sul processo operativo dell' elettro-punctura nella cura degli aneurismi dell' aorta. In Ann. universali di medicina.
— 1873. — Aneurisma dell' aorta trattato coll' elettro. In Giorn. d. R. Acad. di Torino.

1874. — Sulla elettroliti considerata negli essere organizzati. In Galvani.
- 1877. — Sur le traitement des anévrysmes de l'aorte par l'électro-puncture. In Bull. de thérap.
- CLÉMAS, 1873. — Tumeurs des ovaires traitées par l'électrolyse. In Deutsch Klinik.
- CONSTANTIN PAUL, 1879. — Sur la coagulation du sang par l'électrolyse. In Gaz. des hôp.
- CLARK (E.). — Voir Thomas et E. Clark.
- CRUSEL, 1841. — Ueber den Galvanismus als chemisch Heilmittel. Saint-Petersbourg.
- 1848. — Physikalisches Heilverfahren. In Mediz. zeit. Rusl.
- 1849. — Physikalisches Heilverfahren. In North Magaz.
- CUTTER, 1876. — Corps fibreux de l'utérus traité par l'électrolyse. In Bost. Med. and Surg. Journ.
- 1878. — Voir Kinsbalt Gelmann et Cutter.
- DANTU, 1826. — Traité de l'acupuncture.
- DENUCÉ, 1882. — Traitement d'un anévrysme par l'électrolyse. Soc. de biol. Bordeaux.
- DIXON-MANAS, 1878. — On current measurements in electro-therap. and in the electrolysis of blood. In British. med. Journ.
- DROPSY, 1857. — Électrothérapie.
- DRUMMOND-DAVID, 1879. — Anévrysme de l'aorte et galvano-puncture. In The Lancet.
- DUJARDIN-BEAUMETZ, 1877. — Note sur un cas d'anév. de la crosse de l'aorte traité par l'électro-puncture. In Bull. de thér.
- 1877. — Du traitement des anév. de l'aorte par l'électrolyse. In Gaz. des hôp.
- 1878. — Id.
- 1880. — Traitement des anévrysmes. In Bulletin général de thérapeutique.
- DUJARDIN-BEAUMETZ et PROUST, 1878. — Sur le traitement des anévrysmes de l'aorte par l'électro-puncture. Assoc. franç. pour l'avanc. des sc.
- DUMAS, 1823. — Voir Prévost et Dumas.
- DUNCAN, 1876. — Lectures on Electrolysis. In Brit. Med. Journ.
- 1876. — Discussion on the treatment of internal. aneurism. In Brit. med. Journ.
- EULENBERGE, 1870. — Transport de l'iode par l'électrolyse. In Berl. Klin. Woch.
- FIEBER, 1876. — A contribution to the therapeutic of ovarian cyst. In Amer. Jour. obstet.

- FISCHER (Franz). 1875. — Ein Fall von aorten aneurysma behandelt mit der galvano-punctur nach Ciniselli. In Berliner Klinische Wochenschrift.
- LE FORT, 1876. — Corps fibreux de l'utérus. In Bulletin de l'Académie de médecine.
- FOX. 1879. — On the permanent removal of h. by electrolysis. In New-York med. Record.
- GAILLARD THOMAS, 1877. — Report on the treatment of solid Uterins fibroids by Electrolysis. In Amer. Jour. of obst.
- GARIEL, 1883. — Traité d'électricité.
- 1877. — Cautérisation électrique. In Dict. encycl. des sc. méd.
- GAVARRET. — Traité d'électricité.
- GOLDINGBIRD, 1876. — Note on the treatment by the local application of a weak continuous electric courant. In Guy's hospital Reports.
- GRAPENGISSER, 1801. — Versuche d. Galvanismus zur Heilung einiger krankheiten anzuwenden.
- GRENSER et MOSSDORF, 1876. — De l'électrolyse dans le traitement des kystes ovariques. Soc. gynéc. de Dresde.
- GROSS, 1871. — Transport de l'iode par l'électrolyse, in Centralb. f. die med. Wissensch.
- GUENTHER (A), 1880. — Die Anwendung der Electricität in der medicin exclusive der Krankheiten der Nervensystem. In Correspond. Blatt f. Schweiz. Aertze.
- GUIMARÈS-JOSÉ PEREIRA, 1877. — Traitement des anévrysmes par l'électrolyse. In Gaz. des hôp.
- HALLOPEAU, 1880. — Complication d'une eschare électrolytique. In Gaz. des hôp.
- HESSE, 1877. — Ovarien Cyst. treated by Electrolysis. In Amer. Jour. of Obst.
- KINSBALT-GELMANN et CUTTER, 1878. — On the treatment of uterins fibroids with galvanism by profond puncture. In Amer. Jour.
- KORN, 1870. — Traitement de la conjonctivite granuleuse par le courant continu. In Berl. Klin. Wochens.
- LECADRE, 1877. — Contribution à l'étude de l'électrolyse dans le traitement des anévrysmes. Assoc. franc. p. l'avanc. des sc.
- 1877. — Anévrysme femoral traité par l'électrolyse. In Gaz. des hôp.
- LEGROS, 1872. — Voir Onimus et Legros.
- LENZ. — Conductibilité électrique du corps de l'homme. In Arch. de l'élect.
- Doumer.

- MACARIO, 1877. — De l'électricité dans la cure de l'hydrocèle. In *Mouv. med.*
- MACHIAVELLI, 1870. — Anévrysme de l'aorte. In *Gaz. med. Ital. Lomb.*
- MAHOMED, 1877. — Discussion sur le traitement des anév. In *Brit. med. Jour.*
- MALLEZ, 1872. — Contribution de l'électricité à la ther. des mal. des org. génito-urinaires. In *Gaz. des hop.*
- MALLEZ et TRIPIER, 1867. — De la guérison durable des rétrécissements de l'urèthre par la galvanocaustique chimique. In *Comp. rend. de l'Acad. des sc.*
- MARTIN (Aimé), 1879. — Des fibromyômes utérins et de leur traitement par l'action atrophique des courants continus. In *Ann. de Gyn.*
- MÉLICHER (de Vienne), 1848. — Traitement des calculs urinaires par l'électricité. In *Österreichische med. Jahrb.*
- MORGAN, 1879. — Electricity on the appl. etc. In *the Lancet.*
- MOSSDORF. — Voir Grenser et Mossdorf.
- MUCCI (Domenico), 1878. — Note sur l'emploi de l'électricité. In *Ann. univers. di med. e chir.*
- 1881. — Varici guarite coll'elettrolizi. In *Lo Sperimentale.*
- MURRAY, 1872. — The improved galvanopuncture needles; their construction, use and mode of application. In *med. Record.*
- 1872. — Traitement de la fissure du mamelon par les courants continus.
- 1872. — Traitement de l'hydrocèle par les courants continus.
- NEPTEL, 1876. — Traitement des tumeurs malignes par l'électrolyse. In *New-York med. Rec.*
- 1877. — Destruction des tumeurs malignes par l'électrolyse. In *Arch. f. path. Anat. und Phys.*
- 1880. — Traitement de la cataracte. In *Virch. Arch.*
- NÉLATON, 1864. — Destruction des tumeurs par la méthode électrolytique. In *Gaz. hebdom.*
- NEWMANN, 1874. — Traitement du rétrécissement de l'urèthre par l'électrolyse. In *Arch. of elec.*
- ONIMUS, 1872. — Influence des courants continus sur la suppuration et la cicatrisation des plaies. *Soc. de Biologie.*
- 1881. — Voir Berger et Onimus.
- 1882. — Manuel d'électrothérapie.
- ONIMUS et LEGROS, 1872. — Traité d'électrothérapie.
- PERCEPIED, 1877. — Traitement du varicocèle par l'électrolyse.
- PETIT, 1880. — Trait. des anév. par l'électrolyse. In *Progrès méd.*
- PETREQUIN, 1872. — Traitement des anév. par le courant électrique.

- PHILIPSON, 1877. — Discussion sur le traitement des anév. In Brit. med. Jour.
- PICOT, 1874. — Du traitement de l'orchite par le courant continu. Soc. med. d'Indre et-Loire.
- PONTON D'AMECOURT, 1803. — Exposé du galvanisme.
- POUILLET. — Conductibilité électrique du corps humain. In comp. rend. de l'Acad. des sc.
- PREVOST et DUMAS, 1823. — Destruction des calculs urinaires par l'électrolyse. In Ann. de phys. et de chimie.
- PROUST. — Voir Dujardin-Beaumetz et Proust.
- RÉNÉ ALBERT, 1880. — Traitement des tumeurs érectiles par l'électrolyse. In Gaz. des hôp.
- ROBERT, 1877. — Discussion sur le traitement des anévrysmes. In Brit. méd. Jour.
- ROBIN. — Traitement des anévrysmes intrathoraciques. Thèse de Paris.
- ROCKWELL. — Voir Beard et Rockwell.
- RODOLPHI, 1857-58. — Gazzetta med. Ital. Lomb.
- 1874. — Traité de l'hydrocèle par l'électrolyse. In Gaz. med. Ital. Lomb.
- 1878. — Id.
- DE SANCTIS, 1866. — Della galvanocaustica chimica. In Il Morgagni.
- SARLANDIÈRE, 1825. — Mémoire sur l'électropuncture.
- SCALZI, 1874. — Emploi de l'électropuncture dans une pseudarthrose du fémur. In. Gaz. des hôp.
- SCHIVARDI PLIGNIO. — Traité d'électrothérapie.
- SCHUSTER, 1859. — Trait. de l'hyd. par cour. continu. In Bull. de therap.
- 1843. Emploi médical de l'électropuncture. In Revue médicale.
- SCHWANDA, 1869. — Emploi du courant continu dans les chancres phagédéniques. In The Lancet.
- SCOUTTETEN, 1865. — De la méthode électrolyt. dans ses applications aux opérations chirurgicales. In Bull. de l'Acad. de médecine.
- 1865. De la méthode électrolytique. In France médicale.
- SEMELEDER, 1876. — On electrolysis with special reference to the treatment of ovarian cyst. In Trans. of the intern. Cong. of Philad.
- 1877. Some remarks on Electrolysis on ovarian tumours. In New-York med. J. Obst.
- SEVESTRE, 1879. — Sur le traitement des anévrysmes de l'aorte sup. par l'électrolyse. In Revue des sc. méd.
- SIMPSON, 1877. — Two cases of thor. aneurism in which galvanopuncture. In Brit. méd. J.

- 1877. Discussion sur le traitement des anévrysmes. In Brit. med. Jour.
- SPILLMANN, 1874. — Application de l'électrolyse au transport de l'iode à travers les tissus vivants. In Arch. gén. de méd.
- STAES-BRAME, 1877. — Des courants continus dans le traitement des ulcères. In Gaz. des hôp.
- STOEBER, 1879. — De la galvanocaustique chimique positive, de ses applications au traitement des tumeurs érectiles. In Revue méd. de l'est.
- STRAMBIO, 1847. — Sperimenti di galvanoagopuntura instituiti sulle arterie et sulle vene.
- TEISSIER, 1878. — Valeur thérap. des courants continus. Thèse d'agrégation.
- 1880. Anévrysme. In Bull. génér. de thérap.
- THOMAS ET E. CLARK, 1875. — Guérison de la prostatorrhée par le courant continu. In Brit. méd. Jour.
- TRIPPIER, 1861. — Traité d'électrothérapie.
- 1862. La galvanocaustique chimique. In Comptes rend. de l'Acad. des sciences.
- 1863. La galvanocaustique chimique. In Ann. de l'électrothérapie ou Arch. génér. de méd.
- 1867. — Voir Mallez et Tripiér.
- VELPEAU, 1866. — Observation sur le mémoire de Ciniselli. In Gaz. des hôpitaux.
- VIGANON, 1877. — Polype naso-pharyngien. In Gaz. des hôp.
- WEBBER, 1876. — Corps fibreux de l'utérus. In Boston med. and surg. Journ.
- WEISFLOG, 1877. — Propriétés antiphlogistiques du courant. In The Lancet.
-

CHAPITRE IV.

1. — Nous avons terminé dans le chapitre précédent l'étude des principales applications du courant électrique à la chirurgie : il nous en reste cependant quelques autres qui ne présentent pas le même degré d'importance, et que pour cela nous pouvons toutes réunir dans un dernier chapitre.

Les propriétés dont il nous reste à montrer les applications peuvent se diviser en trois groupes principaux :

1° Propriétés mécaniques.

2° Propriétés lumineuses.

3° Enfin, propriétés physiologiques.

Nous allons consacrer quelques lignes à l'étude sommaire de chacune d'elles.

Propriétés mécaniques.

2. — Les propriétés mécaniques du courant ont été appliquées dans des circonstances extrêmement diverses. Elles comprennent : 1° Les phénomènes de transport par l'électricité; 2° La recherche des corps étrangers, soit par la sonde de Trouvé, soit par le sonomètre, soit encore par la balance d'induction.

3. — Les phénomènes de transport par l'électricité sont connus depuis près d'un siècle; ils ont été, et sont encore désignés dans les rares traités d'électrothérapie qui en font mention, sous le nom *d'endosmose électrique*. Cette

dénomination est aussi mauvaise que possible, car il n'y a rien d'osmotique dans le phénomène, il ne dépend en effet ni de la membrane, ni des liquides, mais exclusivement du sens du courant.

4. — J'ai rapporté dans le chapitre I l'expérience classique de Porret. Je pourrais également rapporter les expériences confirmatives faites par Onimus et Legros en 1872 et celles bien antérieures (1853) de Wiedeman. C'est à Porret, à Wiedeman que l'on doit la connaissance exacte et les lois du phénomène. La principale, et qui a été si bien établie par Wiedeman, indique qu'il y a *rapport entre l'intensité du courant et le poids de matière transporté*. — On sait du reste déjà que le liquide est transporté de l'électrode positive vers l'électrode négative.

5. — Onimus et Legros ont étudié l'action qu'exercent sur les phénomènes les courants sous les divers modes employés en médecine. Ils prétendent démontrer que l'extracourant seul donne des effets analogues à ceux produits par les courants continus, parce que *seul il est orienté*.

Quant aux courants induits de divers ordres, ils *ne donneraient et ne sauraient donner aucun effet*. C'est là une conclusion qui ne me paraît guère admissible, car les courants induits sont parfaitement orientés. Le courant d'ouverture l'emporte sur le courant de fermeture, ou pour parler plus nettement le courant direct l'emporte sur le courant inverse. Par conséquent à priori, d'après les lois de Wiedemann, si solidement établies et qui n'ont été contredites jusqu'ici par aucun savant, l'effet du courant direct doit l'emporter sur l'effet inverse, et ici encore, on doit avoir transport électrique. Mais c'est là un point accessoire sur lequel il ne convient pas d'insister outre mesure.

6. — Il ne faut pas confondre le transport électrique tel

que nous le décrivons ici, avec le transport électrique d'un métal ou d'un métalloïde d'un pôle à un autre : ce dernier est un transport électrolytique, chimique par conséquent : tandis que celui que nous décrivons est purement mécanique. Il conviendrait donc, pour que la confusion ne soit pas possible de désigner ces deux phénomènes par les dénominations de *transport électrolytique* et de *transport électrique mécanique*, ou bien encore le premier, tout simplement d'*électrolyse*, qui implique l'idée de transport.

7. — Lorsque le courant agit sur les tissus, il n'agit pas seulement par l'électrolyse, il produit des phénomènes de transport. C'est ce que l'on a cru observer avec des courants incapables de produire l'électrolyse, dans l'hydrocèle et dans l'hydarthrose, où l'électrode positive était mise en communication avec le liquide, l'électrode négative avec le tissu cellulaire voisin. Mais le transport mécanique est si lent qu'il serait difficile de lui attribuer la diminution considérable qui se produit habituellement dans le volume de la tumeur. D'ailleurs il est permis d'émettre des doutes sur le passage d'un *courant incapable de produire l'électrolyse*. Il paraît en effet démontré aujourd'hui que les électrolytes ne permettent pas le passage du courant s'ils ne sont pas décomposés.

On voit qu'il y a encore beaucoup à faire sur cette question, quoiqu'elle me paraisse d'un médiocre intérêt au point de vue de la pratique chirurgicale.

8. — La recherche des balles ou autre corps étrangers métalliques était autrefois et est encore extrêmement difficile dans certains cas, cependant, grâce à l'emploi d'appareils spéciaux, on peut arriver sûrement à déterminer la position exacte des corps étrangers.

9. — Un appareil créé spécialement dans ce but par

M. Trouvé, et qui porte le nom de son inventeur, permet d'arriver à ce résultat. Il se compose de trois pièces essentielles :

1° Une sonde exploratrice.

2° Un électro-aimant.

3° Une pile.

La sonde exploratrice est formée de deux fils d'acier isolés et contenus dans une gaine isolante qu'ils débordent par un bout ; par l'autre, ils peuvent être mis en communication l'un avec l'électro-aimant, l'autre avec un des pôles de la pile.

L'électro-aimant ne présente rien de particulier, sinon qu'il est très petit. L'armature est disposée de telle façon qu'elle n'obéit qu'à l'attraction de l'électro-aimant et qu'elle reste parfaitement immobile, quelque mouvement que l'on donne à l'appareil.

La pile est une pile Trouvé : zinc, charbon, sulfate, acide de mercure, le tout contenu dans un étui hermétiquement clos. A l'état de repos, le liquide excitateur ne touche pas le zinc ni le charbon ; il suffit pour la mettre en marche de la renverser. Le courant qu'elle fournit passe par l'électro-aimant, puis par la sonde exploratrice. Mais là il existe une solution de continuité dans le courant métallique qui sera comblée lorsque un corps métallique touchera à la fois les deux extrémités des aiguilles d'acier. A ce moment-là seulement le courant passera et l'armature sera attirée.

On peut avec une certaine habitude et par quelques tours de main, arriver à distinguer le plomb du fer et du cuivre, et ces deux éléments l'un de l'autre.

10. — On peut imaginer un appareil fondé sur le même principe, mais dans lequel l'électro-aimant serait remplacé

par un téléphone. L'appareil ne parlera pas lorsque le circuit restera ouvert à l'extrémité de la sonde exploratrice, mais il parlera dès que le circuit sera fermé par le contact d'un corps métallique. Dans ce cas, il faudra un courant interrompu ; un microphone mis en mouvement par une montre, introduit dans le circuit, produira l'effet nécessaire.

11. — Mais ces appareils supposent que l'on peut aller à la recherche du corps métallique assez facilement, que le projectile par exemple n'aura pas suivi un trajet trop sinueux. Dans quelques cas leur emploi sera complètement impossible. On peut, à l'aide de la balance d'induction ou du sonomètre, arriver alors à une détermination approximative de la position du corps métallique.

Je ne donnerai pas la description de ces appareils fort peu employés, autant vaut dire nullement employés ; il suffit de les indiquer au chirurgien comme pouvant lui être utile.

PROPRIÉTÉS LUMINEUSES.

12. — On a utilisé dans des cas très rares la propriété que possèdent les courants de produire des effets lumineux. On peut ou bien éclairer une cavité en y introduisant la source lumineuse, ou bien en l'éclairant de l'extérieur.

Dans un premier cas il faut prévenir les effets calorifiques qui accompagnent toujours la production de la lumière. On peut se servir de la disposition imaginée par M. Coxeter. La source lumineuse est un fil de platine porté à l'incandescence. Il est enfermé dans une double enveloppe en verre, dans laquelle un courant d'eau empêche la chaleur d'agir sur les organes avec lesquels l'appareil est en con-

tact. Berkeley Hill (1879) a opéré une fistule vésico-vaginale en éclairant les cavités par ce procédé. Il s'en est bien trouvé, paraît-il.

13. — On peut aussi éclairer de l'extérieur, et alors, aux sources lumineuses employées habituellement, on peut substituer un foyer électrique convenable.

MM. Hélot (Paul) et Trouvé ont imaginé tout récemment un appareil auquel ils ont donné le nom de *photophore électrique frontal*, qui a l'avantage de pouvoir être appliqué sur le front et d'éclairer dans la direction même du regard. C'est une lampe à incandescence dans le vide, comprise entre un réflecteur et une lentille convergente. Cet appareil, paraît-il, est très commode et fournit une belle lumière. Il est encore trop récent pour que l'on puisse juger de sa valeur pratique, toutefois il mérite d'être signalé et essayé.

Jusqu'ici l'éclairage par l'électricité n'a pas rendu de bien grands services à la chirurgie. Un jour peut-être, et l'on est sur la voie, trouvera-t-on des appareils commodes, peu encombrants qui remplaceront avec avantage cet éclairage tout à fait insuffisant que l'on obtient avec les lampes et avec les bougies.

EFFETS PHYSIOLOGIQUES.

14. — Les effets physiologiques du courant sont assez rarement employés en chirurgie. Toutefois ils peuvent l'être dans des accidents consécutifs soit à des opérations chirurgicales, soit à des affections qui sont du domaine de la chirurgie.

Nous aurons du reste l'occasion d'indiquer rapidement

les divers modes d'emploi du courant, ce que nous n'avons pu faire jusqu'ici.

Dans les chapitres précédents le courant dont nous nous sommes servi était continu, c'est-à-dire que, pendant un laps de temps assez considérable le circuit était fermé. Mais les praticiens n'ont pas tardé à reconnaître que dans certains cas il était préférable d'employer des courants fréquemment interrompus. Si les interruptions n'ont pas besoin d'être très rapides, on peut se contenter de les opérer à la main. Mais dans certains cas il faut des courants aussi peu durables que possibles, on recourt alors à l'instantanéité des courants induits.

Donc deux grands modes d'employer les courants :

1° Courants continus;

2° Courants induits.

15. — Les courants continus eux-mêmes pourront être employés de deux manières différentes.

Ils pourront durer tout le temps de l'opération. Le courant ne cessera pas de passer depuis le moment où on l'applique jusqu'au moment où la séance est terminée. Ce sont les véritables courants continus, on les appelle parfois *courants stables*.

Ils pourront aussi être interrompus de loin en loin, toutes les minutes par exemple. En un mot, on les interrompt un certain nombre de fois dans le cours d'une séance; ils ont reçu le nom de *courants labiles*, ou bien encore n'ont aucune désignation spéciale. Les courants labiles peuvent en quelque sorte être considérés comme un intermédiaire entre les courants stables et les courants induits; ils ont cependant plutôt les caractères des courants stables que ceux des courants induits.

16. — Mais quels que soient les courants, ils agissent

toujours dans le même sens, en un mot ils sont tous orientés, même les courants induits. On peut avoir intérêt parfois à renverser le sens du courant. Le courant sera alors labile, mais il marchera tantôt dans un sens, tantôt dans l'autre.

17. — Le mode d'action variera bien entendu avec le mode d'emploi. Mais les indications qui étaient autrefois absolument empiriques peuvent aujourd'hui être prévues. Autrefois on disait dans l'atrophie musculaire il faut les courants induits, parce que dans un grand nombre de cas analogues on en a reconnu les bons effets. Aujourd'hui on peut s'appuyer sur des données plus scientifiques, grâce aux nombreux travaux qui ont été faits concernant l'action des courants sur les divers tissus.

Tandis que les courants continus stables produisent des effets chimiques puissants, mais n'agissent que faiblement sur les tissus musculaires et nerveux, n'y agissent même qu'au moment de l'ouverture et de la fermeture du circuit, les courants induits au contraire ne jouiront d'aucune propriété chimique, mais par contre réagiront fortement sur les systèmes nerveux et musculaires. Les courants labiles participeront surtout des propriétés des courants stables, mais leur action sera moins considérable ; s'ils sont renversés, leur effet chimique pourra être nul, puisque les effets se neutralisent.

18. — Les appareils qui servent à produire ces courants sont d'abord pour tous la pile, munie de ses réophores pour le courant stable. Pour obtenir des courants labiles, il faudra y joindre un commutateur que l'on fait fonctionner à la main, ou bien que l'on peut faire actionner par un électro-aimant. Pour les courants induits, il faut avoir une machine d'induction. On peut également obtenir des courants

induits sans pile avec un appareil *magnéto-faradique*, par exemple, où l'on utilise la propriété qu'ont les aimants d'engendrer des courants lorsqu'ils sont convenablement disposés.

19. — Le courant électrique intervient dans les opérations chirurgicales :

1° Soit pour les prévenir.

2° Soit pour les faciliter.

3° Soit pour en réparer les mauvais effets quand ils s'en produisent ou pour achever une guérison commencée par l'intervention chirurgicale.

20. — Le courant électrique peut prévenir l'intervention chirurgicale dans un assez grand nombre de cas ; les principaux sont l'occlusion intestinale et les névralgies.

Dans l'occlusion intestinale, il arrive souvent que le chirurgien soit obligé d'intervenir, et trop souvent que le malade succombe à l'opération. Avant de recourir à cette dernière, il faudra toujours tenter l'emploi de l'électricité.

On se trouve ici en présence de deux procédés. L'un consiste à employer les courants induits (Duchenne, de Boulogne). Un réophore est placé dans le rectum, l'autre est promené sur la paroi abdominale. Les séances doivent être courtes de peur d'irriter la muqueuse rectale. Quelques praticiens ont adopté cette méthode et en ont obtenu d'excellents résultats. Macario (1875), Dal Montal (1875), Ballouhey 1880.

Elle ne satisfait pas entièrement M. Boudet de Paris, qui a eu avec elle quelques insuccès ; il préfère de beaucoup employer le courant continu soit labile, si l'intestin se contracte bien, soit stable s'il est paralysé. Le pôle négatif est introduit dans le rectum, le pôle positif est appli-

qué en large surface sur l'abdomen au-dessus du nombril. M. Boudet a publié quelques-uns des cas qu'il a observés, mais il nous a dit en avoir quarante à quarante-cinq encore inédits où les résultats ont été également favorables. Toutefois ces deux méthodes n'ont pas encore été assez employées pour qu'il soit possible de dire quelle est la préférable.

21. — Les névralgies sont depuis quelques années traitées par une méthode chirurgicale, qui consiste dans l'élongation du nerf malade. Un autre traitement chirurgical consiste dans la résection même du rameau.

Ces opérations, toujours douloureuses, quelquefois inutiles, peuvent, dans certains cas, être empêchées par l'action du courant électrique. Noffe, en 1866, puis en 1875 Knott et Gibney, préconisèrent ce mode de traitement, Gibney recommande, pour la sciatique du moins, les courants stables descendants. Les séances ne doivent pas durer plus de dix minutes.

22. — Une autre maladie dans laquelle l'électricité donne de bons résultats est l'odontalgie. Bouchaud, Althaus et d'autres qui ont particulièrement étudié ce traitement emploient le courant continu, soit stable, soit labile : appliquent le pôle positif sur la joue, au niveau de la dent malade, l'autre pôle étant placé sur le cou au côté opposé.

23. — Le courant peut encore faciliter les opérations en rendant insensibles les régions où le chirurgien doit intervenir. Un grand nombre d'essais ont été faits et ils ont donné en général des résultats satisfaisants.

La première application en a été faite à l'avulsion des dents. Dans ce cas, le réophore négatif d'un appareil Volta-faradique est mis en communication avec le davier, le pa-

tient tient l'autre à la main. L'avulsion doit se faire immédiatement.

24. — On a essayé d'utiliser l'anesthésie produite dans des opérations de courte durée, pour percer un abcès par exemple. Morel-Lavallée et Fonssagrives mettent leur bistouri en communication avec l'un des réophores d'un appareil d'induction, l'autre est appliqué sur la peau. On peut encore, comme le fait Morel-Lavallée, comprendre la tumeur entre les deux réophores et inciser dans l'intervalle qui les sépare.

Par l'un et par l'autre de ces procédés les auteurs ont obtenu l'insensibilité. Nélaton, qui a voulu répéter ces expériences, n'est pas arrivé aux mêmes résultats.

25. — Enfin l'électricité peut encore, grâce à ses propriétés physiologiques, venir achever la guérison d'un cas chirurgical, ou réparer des fautes que le chirurgien pourrait commettre.

Lorsque dans une plaie il y a un nerf coupé, la plaie peut se refermer grâce aux soins chirurgicaux, mais la lésion du nerf n'en persistera pas moins. Si le nerf est sensitif, l'électricité ne pourra être d'aucune utilité, mais s'il contient des fibres motrices, le courant interviendra utilement pour empêcher l'atrophie consécutive des muscles innervés par le nerf sectionné.

26. — Mais c'est surtout dans l'empoisonnement par le chloroforme que le courant électrique est appelé à rendre de réels services.

Trois procédés sont en présence, qui tous, paraît-il, donnent de bons effets.

M. Oninus, en 1869, en a fait connaître un que la commission nommée pour l'examen a reconnu efficace. Il consiste à introduire le pôle positif d'une pile dans le rec-

tum, le pôle négatif dans la bouche ; on ne tarde pas à voir recommencer les mouvements de la respiration. L'auteur recommande de ne pas interrompre le courant. Son intensité doit être forte, mais sa force décomposante très faible.

M. Steiner (1874) recommande l'électro-puncture du cœur. Ce procédé n'est pas d'une efficacité certaine, mais il est, d'après l'auteur, d'une innocuité absolue.

Enfin on peut, à l'aide d'un appareil d'induction, exciter les nerfs diaphragmatiques sur le côté externe du sterno-cléido-mastoïdien. Le professeur Bardeleben, qui a bien voulu nous donner le résultat de sa pratique, affirme que ce procédé, par la rapidité et la sûreté avec lesquelles il agit, lui a rendu de très grands services. Il a de plus l'avantage sur les deux autres d'être d'une simplicité extrême.

BIBLIOGRAPHIE.

- ALTHAUS, 1874. — Anelectrotonus des nerfs dentaires dans l'odontalgie. In Gaz. des hôp.
- BERKELEY HILL, 1879. — Emploi de l'éclairage électrique. In the Lancet.
- BOUCHAUD, 1873. — Traitement de l'odontalgie par les courants électriques. In Gaz. des hôp.
- BOUBET (de Paris), 1880. — Trait. de l'occlusion intestinale par les courants continus. In Progrès médical.
- BALLOUHEY, 1880. — De l'électricité appliquée au trait. de l'occlusion intestinale. Thèse de Paris.
- BUYZARD, 1871. — Propriétés anesthésiques du courant. In the Lancet.
- COXETER. — Eclairage électrique des cavités.
- DAL MONTA, 1875. — Une occlusion intestinale guérie par l'électricité. In Brit. med. Journ.
- DOUMER, 1881. — Osmose des liquides. Thèse de Bordeaux.
- DUCHENNE. — De l'électrisation localisée.

- GIBNEY, 1879. — Galvanism in the treatment of sciatica. In the Amer. pract.
- GREEN (Thomas), 1872. — Empoisonnement par le chloroforme. In Brit. med. Journ.
- GUBLER, 1885. — Anesthésie par le courant. In Journ. de therap.
- HÉLOT et TROUVÉ, 1883. — Photophore électrique frontal. In Nature.
- KNOT, 1875. — Traitement de la sciatique par le courant. In Lancet.
- MACARIO, 1877. — De l'électricité dans la cure de l'hydrocèle. In Mouv. méd.
- 1875. — Un cas d'ileus guéri par le courant induit. In Arch. gén. de Méd.
- MILLIOT. — Appareil pour l'éclairage électrique des cavités.
- NOFFE, 1866. — Névralgie traitée par courant continu. In Brit. med. Journ.
- ONIMUS, 1874. — De la différence d'action des courants induits et des courants continus. In Journ. de l'anat. et de la physiol.
- ONIMUS ET LEGROS, 1869. — Intoxication par le chloroforme, bons effets du courant continu. In Gaz. des Hop.
- REMAK. — Traité d'électrothérapie.
- REVILLIOUT, 1868. — De l'électricité comme anesthésique. In Arch. gén. de Méd.
- SCOUTTETEN, 1868. — Recherches médico-physiologiques sur la résorption électrique. In Arch. Gén. de Méd.
- STEINER, 1871. — Electropuncture du cœur et empoisonnement par le chloroforme. In Brit. Med. Jour.
- TROUVÉ, 1883. — Voir Hélot et Trouvé.
- Consulter aussi tous les ouvrages classiques indiqués dans les deux précédents chapitres.

CONCLUSIONS.

1. — Les détails dans lesquels nous venons d'entrer démontrent surabondamment les avantages que le chirurgien peut retirer de l'emploi du courant électrique.
2. — La galvanothermie lui fournit des procédés simples qui lui permettent de faire, presque sans écoulement de sang, des ablations de tumeurs très vasculaires. Toutes les fois où l'usage de la galvanothermie est possible, il devra la choisir de préférence au bistouri. Les opérations seront peut-être moins brillantes, mais elles seront plus propres et plus sûres. Le chirurgien pourra mieux voir le fond de la plaie sans être obligé d'avoir à chaque instant recours aux éponges.
3. — Grâce à l'électrolyse, il ne sera plus entièrement désarmé dans les maladies si redoutables du système artériel, les anévrysmes; sans doute, il n'obtiendra pas la guérison à coup sûr, au moins il agira, ce qui est déjà un grand point pour le moral du malade, et il agira avec de sérieuses chances d'amélioration.

Dans d'autres cas encore, l'électrolyse vient lui rendre d'immenses services. Nélaton, qui l'a utilisée dans le traitement des polypes naso-pharyngiens, s'exprimait ainsi à l'Académie des sciences : « Une tumeur volumineuse, très vasculaire, donnant lieu à des hémorrhagies au moindre contact, située profondément dans le pharynx et les fosses nasales, tumeur qui avait été attaquée sans succès par les agents les plus énergiques, a été détruite en six séances, par l'implantation de deux électrodes dans sa masse. Cette

opération a été faite sans effusion de sang, et n'a provoqué chez le sujet qu'une douleur facilement supportée. On n'a pas eu à constater de retentissement fâcheux sur l'encéphale; enfin la destruction a pu être circonscrite dans les limites que l'opérateur s'était imposées. »

4. — En outre, le chirurgien trouve dans le courant électrique un adjuvant précieux, soit pour continuer et achever une guérison, soit surtout pour combattre l'asphyxie par le chloroforme.

5. — Aussi on est étonné que, malgré tous ces avantages, l'emploi du courant ne soit pas plus répandu. Des déceptions amères, il est vrai, en ont détourné les opérateurs. L'entretien et le maniement des piles, les inconvénients des acides, la difficulté de transport ont été jusqu'ici autant de causes de défaveur. D'ailleurs la difficulté au début d'obtenir exactement l'effet voulu, même entre des mains très habiles au bistouri, fit regarder l'électricité comme un agent encombrant remplissant très imparfaitement le but que l'on se proposait, tantôt l'effet désiré étant dépassé, tantôt ne pouvant être produit.

6. — Tous ces inconvénients disparaîtront le jour où les chirurgiens s'habitueront au maniement de ces appareils et surtout le jour où l'on pourra graduer l'intensité du courant, et déterminer à l'avance avec précision la quantité que l'on en veut. C'est par là que j'ai commencé mon travail, c'est par là que je le termine; car je suis persuadé que la campagne vigoureusement menée, et avec tant de talents, par des électrothérapeutes distingués en faveur de la *posologie* de l'électricité, si je puis m'exprimer ainsi, rendra de réels services aux chirurgiens et surtout aux malades.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE PREMIER. — Pile, courant et définitions.....	5
CHAPITRE II. — Galvanothermie. Théorie.....	20
Pile.....	33
Modérateur.....	39
Des instruments galvaniques employés en chirurgie.....	42
Applications à la chirurgie.....	54
Bibliographie.....	58
CHAPITRE III. — Électrolyse. Théorie.....	63
Électrolyse des tissus.....	76
Pile et instruments.....	92
Applications à la chirurgie.....	95
Bibliographie.....	101
CHAPITRE IV.....	109
Effets mécaniques du courant.....	109
Effets lumineux.....	113
Effets physiologiques.....	114
Bibliographie.....	120
CONCLUSIONS.....	122