

**Étude comparative des effets de haute fréquence  
avec des appareils à éclateurs et les appareils à lampes**

*(Première communication)*

Par le D<sup>r</sup> HEITZ-BOYER,

*Professeur agrégé à la Faculté de Médecine,  
Chirurgien de l'hôpital Saint-Louis.*

*(Travail du Laboratoire de Technique Instrumentale  
et de Chirurgie Expérimentale.)*

---

Cette communication et celle de mon collaborateur Gondet devaient être faites il y a déjà deux mois ; mais à la séance de février, nous dûmes, faute de l'opérateur nécessaire pour projeter les films, remettre cet exposé à la séance suivante, nous contentant de vous présenter l'appareil à lampe et le nouvel appareil mixte ; puis la séance de mars fut supprimée à cause d'un deuil national qui touchait tous les Français. Ce retard de deux mois dont je ne suis qu'en partie responsable, nous aura permis, Gondet et moi, d'étudier de plus près certaines particularités physiques et biologiques de la question si importante dont je voudrais vous entretenir.

Il s'agit, en effet, de définir avec le plus de précision possible, ce que peuvent rendre respectivement les deux grandes variétés de courants de haute fréquence, ondes Amorties et ondes Entretienues, dont nous disposons maintenant depuis la mise au point récente des appareils à Lampes. Ce parallèle entre ces derniers venus et les appareils à Eclateurs qui existent depuis de nombreuses années, ne peut être établi avec exactitude et profit que par l'étude de leur mode d'action, non seulement sur les patients (résultats cliniques), mais sur les animaux (recherches expérimentales où l'histologie tiendra la première place). C'est cette dernière étude que j'aurai surtout en vue dans cette première communication sur ce sujet si important, et j'ai eu la chance de pouvoir la poursuivre en collaboration avec mon ami

Champy, dont vous connaissez la compétence incontestée en histologie, et que je tiens, dès le début de cette communication, à remercier de son aide précieuse.

## PHENOMENES ELECTRIQUES

Devant votre Société, je n'aurai pas à traiter des propriétés *électriques générales* des courants à ondes amorties et à ondes entretenues ; c'est d'ailleurs Gondet qui se chargera d'en préciser certaines particularités restées ignorées ou considérées inexactement jusqu'ici. Je voudrais seulement rappeler rapidement les modes de production que j'ai eus à ma disposition.

Pour produire les ondes *amorties* existait seul, quand j'ai commencé mes recherches en 1910, le grand appareillage réservé aux électrothérapeutes, avec bobine et appareillage volumineux, non transportable, qui permit à d'Arsonval et à Oudin de faire leurs belles découvertes ; de suite s'imposa, pour nous autres chirurgiens, la nécessité d'avoir des appareils portatifs, dont je revendique l'honneur d'avoir créé un des premiers modèles avec Oudin, en 1912 ; puis, après la guerre, en 1919, je présentai (1) un autre modèle qui vous fut soumis perfectionné en 1923 et à l'occasion duquel j'eus à envisager, devant votre Société (2), les différents effets possibles obtenus, avec et sans résonateur, en en précisant la terminologie. On n'a guère modifié ces appareils au cours de ces dernières années : s'ils ont l'avantage d'être très maniables, n'oublions pas qu'ils ne sauraient donner tous les effets du grand appareillage, particulièrement en haute tension. Force nous est cependant d'envisager avant tout les effets de ces appareils portatifs, tels que la plupart d'entre nous, électrothérapeutes, médecins et chirurgiens, avons l'habitude de les utiliser.

En ce qui concerne les appareils à *lampes*, la mise au point fut difficile et délicate : voici quatre ans que nous étudions la question avec M. Berthélemy d'abord, puis avec Gondet à la maison Beaudouin, et nous n'avons jugé les résultats obtenus comme vraiment satisfaisants, au point de vue chirurgical surtout (j'insiste sur ce dernier point), que l'année dernière. L'appareil fut présenté au Congrès d'Urologie, puis à la Société de Chirurgie (3). Enfin, à la séance de février de votre Société, nous

(1) HEITZ-BOYER. Appareil transportable de Haute Fréquence. Assoc. Française d'Urologie, 1919.

(2) HEITZ-BOYER. Appareil médico-chirurgical de Haute Fréquence. Bull. de la Société d'Electrothérapie, avril 1923.

(3) HEITZ-BOYER. Soc. de Chir., décembre 1928 et janvier 1929.

avons l'honneur de vous le soumettre, modifié en ce sens qu'il peut agir soit *seul*, soit *combiné* dans certaines conditions avec notre appareil à éclateurs, combinaison qui était réalisée pour la première fois et qui donne un courant nouveau, *courant mixte*, à propriétés très particulières et semblant pour certains usages presque irremplaçables.

Je me borne aujourd'hui à mentionner l'existence de cette troisième variété de courant, mon étude actuelle ne portant que sur les modalités classiques, de courants à ondes amorties d'une part et à ondes entretenues d'autre part.

Autre restriction : je me placerai, dans cette étude comparative, au point de vue strictement *chirurgical*, c'est-à-dire que j'envisagerai seulement l'action destructive des courants, réservant pour une autre communication les observations que nous avons pu faire sur les modifications produites sur les tissus, au point de vue médical.

## EFFETS MACROSCOPIQUES

### I. — ONDES AMORTIES

En ce qui concerne les *ondes amorties*, il faut les distinguer suivant qu'on les emploie en Intensité ou en Tension, c'est-à-dire dans le premier cas en Electrocoagulation (Doyen) mieux désigné par Bordier sous le nom de Diathermocoagulation, et, dans le second cas, en Etincelage ou en Fulguration (nous laissons volontairement de côté les étincelles condensatrices à effet non destructif).

#### A. — Ondes amorties en Intensité

Nous savons tous ce qui se passe dans les applications d'électrocoagulation. L'électrode qui amène ce courant de forte intensité et faible voltage étant mise directement au contact des tissus, ceux-ci blanchissent d'abord, puis commencent à fumer, pour devenir ensuite noirâtres et finalement former, si l'on insiste, un véritable manchon de tissus carbonisés autour de l'électrode. Ce manchon fait bientôt bloc avec elle et l'immobilise complètement, en même temps qu'elle constitue un isolant qui empêche le courant de passer et arrête automatiquement l'action du « couteau diathermique ».

Au point de vue chirurgical, un mode de section ainsi rapi-

dement limité perd singulièrement de ses avantages : au bout d'une minute de destruction, il faut en effet s'arrêter, retirer l'électrode, la nettoyer ou la changer. Cet inconvénient m'avait en particulier beaucoup gêné lors de mes essais de prostatectomie par haute fréquence à vessie ouverte, faits en 1919 et 1920 dans le service de M. Michon, que je remplaçais à Beaujon (1). Dans ce cas, le terme de « couteau diathermique » s'applique parfaitement, puisque c'est par la chaleur que les tissus sont détruits.

Un deuxième inconvénient, au moins aussi important dans beaucoup de cas, c'est que la zone de destruction autour de l'électrode *s'étend loin, diffusant rapidement* jusqu'à deux, trois centimètres et même plus, comme en témoignent le changement à vue de coloration des tissus et leur élévation de température qu'on peut constater au toucher. Dans certains organes très vasculaires, comme la verge, cette propagation peut même atteindre un périmètre de quatre à cinq centimètres : j'ai vu ainsi un pénis chez un jeune homme se coaguler complètement à la suite de la destruction d'un épithélioma du gland et tomber en entier. Outre le danger que présente ce défaut de limitation de l'action, qui peut dépasser en certains cas l'effet que l'on désirait (et peut, j'y reviendrai plus loin, offrir de graves inconvénients dans la chirurgie des néoplasmes), la diffusion de la nécrose *ne permet pas la suture immédiate* des tissus ainsi sectionnés ; et cela encore restreignait beaucoup l'emploi de ce mode de section des tissus, puisqu'il empêchait, dans la plupart des cas, leur réunion par première intention, contrairement aux règles de la chirurgie moderne. Je tiens à insister sur les inconvénients de cette diffusion de l'action destructive en ce qui concerne les tumeurs malignes, dont l'évolution m'a semblé, dans plusieurs cas, avoir été activée à la suite de ce traitement. Je me rappelle en particulier un cas d'épithélioma du vagin que m'avait confié, en 1920, M. Siredey ; traité jusque-là par le radium, il s'était développé très lentement. Or, après ma séance de diathermocoagulation, cependant très largement faite, l'extension de la tumeur prit une allure beaucoup plus rapide, et je ne peux m'empêcher d'établir un rapport de cause à effet entre mon intervention par la haute fréquence et cette propagation accélérée de la tumeur ; ces faits trouveraient d'ailleurs leur explication dans la conception de certains de nos collègues, comme Dominici et Rubens Duval, qui ayant consacré leur existence à étudier le traitement du cancer tendent de plus en plus à attacher une grande importance, comme moyen

(1) J'ai présenté ces observations au Congrès de Chirurgie de 1920.



de défense, aux cellules normales qui entourent le néoplasme. L'on s'explique alors que si l'on n'a pas détruit totalement du premier coup les cellules néoplasiques malignes constituant la tumeur, celles qui subsistent se trouvent en présence de cellules non néoplasiques qui ont été plus ou moins abîmées par les effets de haute fréquence, et ainsi est supprimée la barrière de défense naturelle qui, dans une certaine mesure, protégeait l'organisme. Cette hypothèse me semble d'autant plus plausible que les meilleurs résultats obtenus dans la chirurgie du cancer par l'électrocoagulation l'ont été dans les cas où l'on pouvait, comme pour les épithéliomas de la face, circonscrire à distance, et presque à coup sûr, dans la profondeur, grâce au plan osseux sous-jacent, la tumeur maligne en son entier. C'est en tous cas une considération à ne pas négliger, et à ce point de vue les appareils à lampes comporteront, nous le verrons plus loin, un réel avantage du fait de leur faible diffusion.

Autre inconvénient également grave : ces larges nécroses produites aux alentours de l'électrode entraînent, les jours suivant l'opération, des *résorptions massives* qui ne sont pas sans danger pour le patient : j'avais été frappé, dans mes essais de prostatesomie par diathermocoagulation, de voir l'état des opérés devenir souvent beaucoup moins bon à partir du sixième ou huitième jour, alors qu'il n'y avait ni hémorragie, ni infection ; ils se trouvaient intoxiqués par ces tissus mortifiés, dont la résorption et la phagocytose entraînaient à la fois un gros effort d'absorption et un véritable empoisonnement, tout comme nos shockés de guerre après les grands écrasements des membres. L'histologie confirmera et va expliquer les dangers de cette résorption intense.

Enfin, ces nécroses massives immédiates produisent souvent ultérieurement des *escharrifications précoces*, dont la chute trop hâtive vers le septième, neuvième jour, alors que la cicatrisation n'a pas eu le temps de se constituer au-dessous d'elles, peuvent entraîner des *hémorragies secondaires graves*.

Cet ensemble de constatations rendait les appareils à éclateurs, avec les ondes amorties qu'ils produisaient, d'un emploi souvent peu satisfaisant en chirurgie, particulièrement dans la chirurgie des néoplasmes malins, pour lesquels on l'avait d'abord préconisé ; et là est la raison pour laquelle les chirurgiens généraux n'avaient guère adopté ce mode de destruction contre les cancers : en effet, après des débuts retentissants entre les mains de Keating-Hart, de Czerny, de Doyen, on peut dire que tout au moins en France cette méthode était à peu près abandonnée.

## B. — Ondes amorties en Tension

En ce qui concerne les *Ondes Amorties* employées en *Haute Tension*, vous connaissez tous également les effets obtenus avec elles. Lorsqu'il ne s'agit pas de tumeurs malignes, les résultats sont vraiment remarquables. Oudin avait montré quels résultats excellents donnaient ces courants, utilisés avec son résonateur, sur toute une série de néoformations cutanées tels que les condylomes, les verrues, etc.; et pour ma part j'ai pu, dès 1910 (1), grâce à Oudin et Cottenot, introduire ce mode de destruction vraiment merveilleux pour toutes les tumeurs bénignes de la vessie et aussi pour toutes les néoformations d'origine inflammatoire si fréquentes dans l'urètre et particulièrement l'urètre postérieur. Ce procédé, maintenant utilisé dans le monde entier, a vraiment transformé toute une partie de la chirurgie urinaire, et il a reçu une consécration éclatante lors du dernier Congrès International d'Urologie, à Bruxelles, en 1927 (2).

Il est à peine besoin de rappeler devant vous les phénomènes macroscopiques observés avec ces Courants à Ondes Amorties employés en Tension et auxquels j'ai proposé de donner le nom d'*Étincelage*, avec sa série de modalités sur lesquelles j'ai tant insisté, Étincelles d'action si différente et que j'ai suggéré d'appeler « carbonisantes, chaudes, demi-chaudes et presque froides ». Particulièrement en très Haute Tension, c'est-à-dire avec une action thermique presque nulle et une action mécanique au contraire prépondérante, on voit la surface de la tumeur blanchir, puis s'effriter, et même dans quelques cas se pulvériser littéralement; d'énormes végétations peuvent ainsi (surtout en applications à ciel ouvert et sans l'intermédiaire de liquide), être détruites en quelques minutes. Il n'y a point la moindre coagulation, et l'action destructive produite reste toujours superficielle, ne s'étendant pas en profondeur et en largeur (3). De plus, se produit un phénomène tout à fait heureux, sur lequel mon attention a été attirée depuis plus de quinze ans et qui est particulièrement précieux pour

(1) HEITZ-BOYER et COTTENOT. Nouvelle méthode de traitement endoscopique des tumeurs de vessie. *Assoc. Franç. d'Urologie*, 1911.

(2) Edwin BEER, HEITZ-BOYER, rapporteurs sur les traitements physiques des tumeurs de vessie.

(3) L'action « modificatrice » s'étendra plus loin, comme le prouvent les coupes histologiques; mais dans la zone ainsi modifiée, les phénomènes de réparation cellulaire semblent encore possibles.

le chirurgien, c'est l'action quasi élective de ces étincelles vis-à-vis des cellules néoplasiques bénignes : elles sont détruites par l'Étincelage, alors que les cellules normales avoisinantes et particulièrement les cellules musculaires, sont à peine touchées : on retrouve ces dernières presque intactes, à condition de ne pas prolonger par trop l'action de ces courants à Ondes Amorties.

Un autre avantage de ces courants ainsi employés en Tension est que leur action destructive n'a pas la brutalité d'effet massif des courants amortis de forte intensité, cela aussi bien dans l'espace que dans le temps. Immédiatement après l'application, la nécrose des tissus détruits ne se produit pas avec la brusquerie de la Diathermocoagulation, où entre les parties coagulées et les parties restées saines, s'établit une démarcation nette, brutale, sans presque de zone de transition ; au contraire, l'action se fait par zones progressivement décroissantes d'altération des tissus, allant de la mortification complète en superficie jusqu'à une modification simplement temporaire des cellules profondes, ébranlées seulement par le passage du courant. Ultérieurement, pendant les semaines suivant l'application, la chute de l'escharre se fait plus lentement, progressivement, en quelque sorte mieux répartie, mettant 4 et 6 semaines à se compléter, si bien que quand elle sera totale, la cicatrisation sous-jacente aura eu le temps de s'établir. Cette absence de chute brusque de l'escharre mettra à l'abri de l'ouverture des vaisseaux et de ces hémorragies secondaires signalées déjà plus haut et survenant lors de la deuxième semaine après les applications de Diathermocoagulation : pour ma part, depuis vingt ans que j'utilise l'Étincelage froid par Courants Amortis, je n'en ai jamais observé un seul cas après son emploi.

Enfin, dernier avantage de cet Étincelage de Haute Tension, c'est qu'il donne des cicatrices souples, non rétractiles, ne laissant le plus souvent pas de traces, ce qui est particulièrement précieux pour les applications sur la peau et spécialement celles au visage.

La conclusion est que ce mode de Courants de Haute Fréquence à Ondes Amorties en Tension semble remplir, pour les néoformations bénignes, toutes les conditions nécessaires d'efficacité et d'innocuité ; on voit dès lors quel champ d'application conservent toujours ces appareils à éclateurs. Je crois utile dès maintenant d'insister sur le fait que la nouvelle modalité de Courants à Ondes Entretienues ne sau-

rait se substituer en tout et pour tout à celle des Ondes Amorties antérieurement utilisées.

Nous pouvons maintenant conclure en ce qui concerne l'ensemble des effets macroscopiques des Courants à Ondes Amorties :

A. — Employés en *Intensité* au contact, sous forme de DIATHERMOCOAGULATION, leurs effets sont violemment destructifs et capables de détruire les cellules néoplasiques malignes ; mais ces effets ne se limitent pas, et la nécrose des tissus produite ainsi à distance expose à la fois à des escharrifications massives pouvant amener des destructions beaucoup plus étendues qu'on ne l'aurait voulu, des résorptions intensives qui dans les jours suivants peuvent intoxiquer gravement les malades, enfin des hémorragies secondaires parfois graves, résultant de la chute trop rapide de volumineuses escharres. Ajoutons l'inconvénient plus hypothétique, mais qui nous semble vraisemblable, de la possibilité d'une diffusion plus rapide du foyer cancéreux lorsqu'il n'a pas été détruit dans sa totalité ; or, comme cette modalité de courant a surtout ses indications dans les cas de néoplasies malignes, on voit que son emploi à ce point de vue impose de sérieuses réserves, et on comprend qu'il n'ait pas pris plus d'extension durant ces dix dernières années. Signalons enfin, comme dernier désavantage, la formation de cicatrices dures, presque toujours rétractiles.

B. — Utilisées au contraire en *Tension*, sous forme d'ÉTINCELAGE, avec ses différentes variétés d'Étincelles encore chaudes, tièdes et surtout presque froides, ces Ondes Amorties donneront des résultats excellents dans le traitement de toutes les néoformations bénignes. Elles opèrent leur destruction complète d'une façon quasi-élective, sans danger de nécrose étendue, de résorption massive, d'hémorragies secondaires, et elles ont en outre l'avantage de laisser une cicatrice souple non rétractile et très souvent à peine apparente.

## II. ONDES ENTRETENUES

Lorsqu'on applique les courants à Ondes entretenues produits par les appareils à lampes, on voit, contrairement à ce qui se passait avec les courants à Ondes Amorties, les tissus se modifier très peu au contact de l'électrode. A peine note-t-on un peu de blancheur ; il n'y a pas ou peu de chaleur dégagée, pas ou guère de zone noirâtre adjacente ; et, pour arriver à produire une mince couche de carbonisation, il faut prolonger longtemps l'application au même point et se servir d'une électrode fine, type aiguille. Si on veut avec eux prati-

quer une section chirurgicale, on est étonné de voir l'électrode, loin d'être bloquée, progresser aisément à travers les tissus, aussi bien en surface qu'en profondeur ; elle reste libre et mobile dans les chairs, s'y déplaçant même avec trop de facilité ; on dirait que la chair s'entr'ouvre devant elle, et même en quelque sorte la happe. « C'est comme si l'on entraînait dans du beurre », disent nos collègues lorsqu'ils l'utilisent pour la première fois. En effet, lorsqu'on sectionne par ce procédé sans en avoir une grande habitude, on éprouve une étrange impression à sentir sa main, habituée à la résistance qu'opposent les tissus au tranchant du bistouri, être entraînée trop rapidement comme dans une substance semi-fluide ; trop rapidement en effet, car ainsi que nous le constaterons sur les coupes microscopiques, la rapidité de la section pratiquée ainsi ne laissera pas alors à l'effet hémostatique le temps de se produire. En revanche, faite rapidement ou lentement (à condition de ne pas exagérer cette lenteur), la section sera également toujours linéaire et aussi rigoureusement étroite que celle d'un bistouri tranchant : on peut donc vraiment en pareil cas parler de bistouri électrique (mais je me refuse à dire alors bistouri diathermique, comme nous allons en voir les raisons lors de l'étude des phénomènes histologiques).

On voit la grande différence qui existe entre les courants à Ondes Amorties et à Ondes Entretienues au point de vue chirurgical, tout particulièrement lorsqu'on veut pratiquer avec eux une section de tissus, que ce soit peau, graisse, muscle ou viscères. Alors qu'une incision était sinon impossible, tout au moins peu pratique et sans intérêt avec les courants diathermiques, elle devient non seulement réalisable, mais même se trouve facilitée avec les courants à Ondes Entretienues. Je tiens à insister sur cette facilité de section que donne le bistouri à haute fréquence et qui est au premier abord paradoxal vis-à-vis du bistouri sanglant. Quand j'initie mes collègues chirurgiens à cette technique nouvelle, j'ai beau les prévenir de ce fait, ils en sont toujours surpris. J'ai vu, par exemple, lors de l'incision abdominale pour une cholécystectomie, un maître éminent entrer du premier coup dans la paroi de l'estomac. Cette facilité à diviser les tissus, à les dissocier d'une façon quasi « magique », est sans intérêt pour la peau (sauf en chirurgie vétérinaire). En revanche, elle va constituer un réel avantage dans l'incision des régions où il y a à disséquer (1), à séparer les uns des autres des tissus de résistance différente : en effet,

(1) HERRZ-BORER, Action disséquante du bistouri à Haute Fréquence. *Bull. de Soc. de Chir.*, mai 1929.

non sans étonnement pour le chirurgien qui tient le bistouri à haute fréquence, il voit celui-ci faire de lui-même, comme automatiquement, la séparation entre les ganglions et la graisse, entre les ganglions et les muscles, et ce que je dis des ganglions s'applique aux gaines synoviales, aux tendons, etc. Le bistouri à haute fréquence crée en quelque sorte les plans de clivage en dehors de toute intervention du chirurgien, et ce n'est pas une des moindres surprises que celui-ci éprouvera en utilisant ce nouveau mode d'action chirurgicale, et ce ne sera peut-être pas un des moindres avantages de celui-ci, avantage sur lequel on n'a pas encore attiré l'attention.

Donc, pour sectionner les tissus, les Ondes Entretienues donnent des résultats inconnus jusque-là avec les Ondes Amorties, puisque avec celles-ci les incisions chirurgicales étaient sinon impossibles, tout au moins inexécutables pratiquement. Mais en même temps, elles garderont les autres avantages que comporte toute action destructive de haute fréquence, en particulier l'absence d'hémorragie immédiate et le colfatage des lymphatiques ; et elles les procureront dans des conditions spéciales, que nous avons pu spécifier grâce à l'histologie et que j'exposerai plus loin à propos de l'étude des phénomènes microscopiques.

Dans les applications chirurgicales autres que les incisions et dissections, c'est-à-dire essentiellement pour réaliser la destruction directe des tissus pathologiques, et avant tout des tumeurs malignes ou non, les Ondes Entretienues ne comportent peut-être pas des avantages aussi éclatants. Je me réserve de revenir sur ce point, mais je tiens dès maintenant à déclarer à nouveau que là encore les Ondes Entretienues ne sauraient se substituer intégralement aux Ondes Amorties ; celles-ci garderont leurs indications, et en particulier dans la chirurgie urinaire j'ai pu déjà constater que pour une série de cas, les appareils à éclateurs donnaient de meilleurs résultats.

## PHÉNOMÈNES MICROSCOPIQUES

Les constatations microscopiques que nous avons faites avec M. Champy sur des coupes histologiques provenant à la fois de pièces humaines et de prélèvements chez le cobaye et le lapin, confirment, expliquent et complètent ces observations macroscopiques.



FIG. 1. — *Tumeur de vessie détruite avec l'appareil à éclateurs par ondes amorties de bas voltage et forte intensité, en diathermo-coagulation (Bordier). — Grossissement faible.*

a) En haut de la figure, couche de *nécrose* superficielle par *coagulation thermique* ayant atteint par endroits la *carbonisation* ; elle mesure plus de 800  $\mu$ , occupant à peu près le 1/3 supérieur de la préparation, quoique (vers la droite) il y en ait toute une partie qui se soit déjà détachée, tombée immédiatement après l'application du courant (plage claire en haut de la figure à droite). b) Au-dessous de cette couche en grande partie carbonisée, plus du 1/3 moyen de la coupe est occupé par une zone de *coagulation simple*, avec *élongation* des cellules (voir le détail fig. 3), qui sont encore reconnaissables. c) Enfin, tout en bas et à droite apparaît dans le coin de la figure une zone de tissu peu touchée et restée presque normale. — Cette coupe montre bien la brutalité et la diffusion à grande distance des effets des courants à ondes amorties sur les tissus.

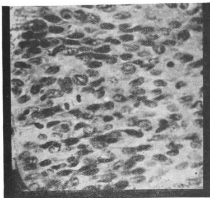


FIG. 2. — (Grossissement moyen). Elle montre la même tumeur à plus fort grossissement, dans une partie qui n'a pas été touchée par la haute fréquence, aspect habituel des cellules néoplasiques.

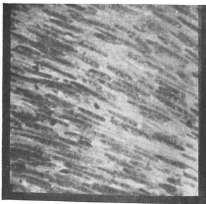


FIG. 3. — (Même grossissement). La même tumeur dans une partie qui a été détruite par les courants à ondes amorties : zone de coagulation simple, avec écoulements des cellules. Cet écoulement est tout à fait typique, et il s'est fait dans le sens du courant. Cet aspect constitue un phénomène histologique tout à fait remarquable, et qui n'avait jamais été observé jusqu'ici en biologie cellulaire : il semble devoir conduire à des constatations très importantes, et que nous sommes en train d'étudier.



## I. ONDES AMORTIES

A. — En ce qui concerne les actions de DIATHERMOCOAGULATION, c'est-à-dire Ondes *Amorties* utilisées en forte *Intensité* et faible tension, voici ce qu'on observe, et que l'on pourra vérifier sur la série de coupes ci-contre (fig. 1, 2, 3), provenant d'une tumeur de vessie détruite avec l'appareil à éclateurs utilisé en bas voltage et forte intensité.

1° Superficiellement, il y a une couche notable, s'étendant sur une profondeur de 2 et 3 millimètres, où les cellules sont complètement détruites et méconnaissables du fait de leur coagulation intense (voir fig. 1); les couches les plus superficielles peuvent même être carbonisées et transformées en une véritable croûte dont une partie s'élimine souvent immédiatement, en s'effritant.

2° Au-dessous de cette couche carbonisée et en tous cas violemment coagulée, se retrouvent des formes cellulaires reconnaissables, dans lesquelles le protoplasma continue à être coagulé, mais où il y a en même temps une *élongation* considérable et tout à fait typique des cellules. Cette *élongation* se fait dans la direction du courant et a paru à M. Champy un phénomène d'une importance très grande au point de vue biologique cellulaire, puisque c'est la première fois qu'il l'a constaté en histologie. Les figures 2 et 3 montrent cet aspect, particulièrement typique, par la comparaison entre les cellules avant et après application de la Haute Fréquence. (Je tiens, d'ailleurs, à insister dès maintenant sur ce que ce phénomène de désorientation et d'étirement des cellules sera constaté également avec les courants à Ondes Amorties en haute tension et avec les courants à Ondes Entretienues; il s'agit donc d'une action commune à toute application violente de Haute Fréquence faite dans un but destructif.)

L'ensemble de ces couches cellulaires ainsi coagulées à différents degrés par la diathermocoagulation, depuis la carbonisation complète jusqu'à une simple modification du protoplasma difficile à reconnaître pour un œil non exercé, comprend toujours plusieurs millimètres; elle peut atteindre, même sur des coupes faites aussitôt après l'application, jusqu'à 20 et 30 millimètres et au delà (voir fig. 1).

C'est dire la brutalité d'action de cette destruction intense, ainsi démontrée par l'étendue de la zone coagulée, où les albumines, profondément transformées, deviennent de véritables *corps étrangers à l'organisme et toxiques* pour lui. Si, en effet,

les jours qui suivent l'acte opératoire, les couches superficielles de cette zone immédiatement détruite peuvent s'éliminer en partie sous forme de la chute d'une escharre, les couches profondes se trouveront nécessairement phagocytées par les éléments cellulaires adjacents, avec les phénomènes de résorption intense qui en résultent.

De ce fait, la réparation s'effectuera en pareil cas par un double mécanisme, en partie par l'élimination des couches superficielles les plus mortifiées, mais en partie aussi par l'absorption des cellules plus profondes simplement coagulées. Au point de vue chirurgical, il en résulte le double inconvénient que j'ai déjà signalé plus haut à propos des phénomènes macroscopiques : un premier, constant, est la fatigue imposée à l'organisme les jours suivants de l'opération par suite de la résorption des couches profondes demeurée en place et constituant un foyer toxique ; — le second, plus rare, consiste dans l'éventualité d'hémorragies secondaires, consécutives à la chute précoce de l'escharre de coagulation ; celle-ci a lieu avant qu'ait eu le temps de s'organiser, faute d'une zone intermédiaire de transition entre le mort et le vif, une couche réparatrice et cicatrisante capable d'oblitérer suffisamment les vaisseaux de la région opérée.

B. — En ce qui concerne les ondes *amorties* utilisées en *Haute Tension*, particulièrement sous forme d'ÉTINCELAGE, *froid* ou *tiède*, les effets constatés sont tout différents et vont rappeler par beaucoup de points, ce que nous constaterons avec les ondes entretenues, à propos desquels je les exposerai longuement. Maintenant je résumerai seulement les points caractéristiques et spéciaux à ces ondes amorties de tension.

a) Superficiellement, la couche directement détruite par les étincelles ne présente plus d'éléments cellulaires reconnaissables, comme après la destruction par diathermocoagulation ; mais on n'y trouve pas, surtout avec l'étincelage froid, de points de carbonisation : celle-ci manque, ou, si elle existe comme avec les étincelles chaudes, elle reste toujours très limitée en surface.

b) Au-dessous de cette zone de destruction absolue, qui ne présente jamais une grande épaisseur, on constate dans les cellules atteintes une *prédominance très nette des phénomènes mécaniques*, phénomènes d'élongation simple des cellules sans phénomènes thermiques notables de coagulation. Ces derniers peuvent même être nuls dans le cas d'étincelage de haute tension ; dans ce dernier cas, les phénomènes d'élongation exis-

teront à l'état presque pur. L'étendue de cette couche, où les cellules sont perturbées mécaniquement, est notable en profondeur et diffuse assez loin.

Le résultat biologique de ces constatations sera important. Les altérations mécaniques dominant toujours ici sur les altérations thermiques, les protéines cellulaires ne seront pas dénaturées par effet de chaleur, et le protoplasma des cellules ne sera pas modifié chimiquement : il n'y aura pas formation de ces albumoses si toxiques ; par contre, les cellules sont violemment altérées par une sorte de dislocation mécanique et assez profondément pour avoir perdu leur pouvoir de croissance. Au point de vue réparation, cette absence de dénaturation des protéines explique la facilité avec laquelle se fera la cicatrisation, en même temps que la nature souple et non rétractile de la cicatrice, la fréquence de son invisibilité sur la peau et les muqueuses : en effet, les protéines non dénaturées ne provoquant pas de réaction de défense de l'organisme, la réparation se fait comme après les incisions sanglantes dans lesquelles n'est pas intervenu le moindre phénomène inflammatoire, avec tous les caractères heureux de ce mode de cicatrisation par première intention.

## B. — ONDES ENTRETENUES

Après les applications des courants à ondes *entretenu*es produites par les appareils à lampes, les constatations histologiques faites ont été d'un haut intérêt, permettant d'élucider leur action si particulière au point de vue chirurgical, action presque paradoxale et « comme magique » pour sectionner les fissus.

Voici une série de coupes (fig. 4, 5, 6, 7) d'un rein de cobaye qui a été ainsi coupé au moyen de ce que je désignerai sous le nom de « couteau ou bistouri à haute fréquence », me refusant de façon catégorique à dire en pareil cas couteau diathermique ; l'histologie va vous démontrer, en effet, que, dans la plupart des cas, il n'y a qu'une intervention infime des phénomènes de chaleur dans l'acte de destruction des tissus.

### 1° MODIFICATIONS IMMÉDIATES

Sur un premier prélèvement (fig. 4 et 5) pratiqué *aussitôt* après l'opération, on est frappé (comparer avec la figure 1 représentant les effets de diathermocoagulation) par la *limitation* de la zone de destruction : la couche détruite par le

courants à ondes entretenues reste très mince (à moins de stationnement prolongé du couteau au même point, voir plus loin); elle ne dépasse pas quelques  $\mu$ . contrastant avec la diffusion et l'étendue des lésions produites par les courants à ondes amorties (voir fig. 1). D'autre part, dans l'ensemble de cette zone minime où les cellules sont plus ou moins détruites ou modifiées, elles le sont par un mécanisme double, qu'il est facile de distinguer en allant de la superficie vers la profondeur :

a) Dans la partie toute superficielle, cette destruction comporte un mélange de *coagulation* pouvant même aller en surface jusqu'à la carbonisation (tout comme dans la diathermocoagulation), et de phénomènes d'*éclatement* visibles dans les cellules encore reconnaissables; ces derniers prédominent d'ailleurs, sauf si l'application est trop longtemps faite en un même point.

b) Dans la couche sous-jacente, et déjà à très faible profondeur, les phénomènes de coagulation disparaîtront complètement, et on ne constatera plus que des troubles *essentiellement mécaniques* d'élongation, d'étirement des cellules, avec éclatement de beaucoup d'entre elles par suite de l'aplatissement résultant de leur étirement, mais tout cela *sans qu'il y ait intervention de phénomènes thermiques notables*. Cet aspect est à peu près celui que nous avons constaté après l'étincelage de tension par ondes amorties, mais il est ici moins étendu en profondeur.

Tels sont les deux faits caractéristiques de l'action destructive des ondes entretenues : 1° avant tout, limitation de la zone détruite ; 2° mélange des deux actions thermique et mécanique, avec prédominance manifeste de l'action mécanique. On pourrait, en quelque sorte, dire à ce point de vue que les ondes entretenues produisent des effets intermédiaires entre ceux des ondes amorties de forte intensité (diathermocoagulation) où l'action est essentiellement thermique, et ceux des ondes amorties de haute tension (étincelage froid ou tiède) où l'action est essentiellement mécanique.

D'autre part, ce rapport entre les deux facteurs thermique et mécanique variera, ainsi d'ailleurs que l'étendue totale de la zone détruite, *en fonction de la rapidité ou de la lenteur d'application*. Voilà un autre fait important que tout opérateur doit connaître, puisque, suivant le résultat qu'il veut obtenir dans chaque cas, cette notion commandera sa technique.

1. — Lorsque la section est faite **RAPIDEMENT**, la couche détruite immédiatement arrive à être extrêmement réduite, attei-

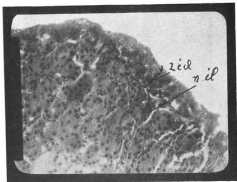


FIG. 4. — Rein sectionné au moyen du couteau à haute fréquence avec l'appareil à lavages par ondes entretenues (Grossissement faible). — La coupe a été prélevée immédiatement après l'application du courant : a) En haut de la figure, couche de nécrose superficielle par *coagulation thermique*, avec en quelques points seulement une pellicule de carbonisation : cette couche mesure à peine 8 à 10 (au lieu de 800 constatés avec l'appareil à éclateurs par ondes amorties). On voit la différence si grande d'action des ondes amorties et des ondes entretenues. b) Au-dessous, petite zone de tissu (indiqué par le trait a, c'), où il y a encore *elongation simple* des cellules, mais sans la moindre *coagulation thermique* ; les cellules des tubuli sont encore reconnaissables. Cette zone, également détruite mais sans intervention de chaleur, mesure de 10 à 15. c) Au-dessous, tissu du rein presque normal, avec cependant par places allongement des cellules : c'est la « zone limite » qui sera si intéressante à étudier à propos de l'action des courants de haute fréquence sur les vaisseaux (voir fig. 9 et 10). Tout en bas de la coupe, aspect normal du rein.

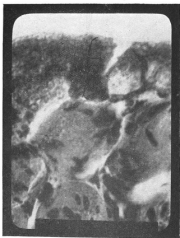


FIG. 5. — *Même coupe du rein sectionné avec ondes entretenues, mais à très fort grossissement.*

a) On voit en haut de la figure la zone détruite coagulée par la chaleur, où les cellules ne sont pas reconnaissables ; b) Au-dessous (1/3 moyen) un tube du rein, où les cellules sont désintégrées et éclatées, mais le tube a encore conservé sa structure. Plus à droite, quelques cellules plus reconnaissables et nettement allongées ; c) Enfin, en bas, on voit un tube urinaire presque normal, avec cellules conservées.

Cette figure permet encore mieux de saisir la stricte limitation des effets des courants à ondes entretenues, contrastant avec la diffusion si étendue des courants à ondes amorties (voir fig. 1).

gnant à peine dans sa totalité 20  $\mu$  au lieu des 1.000 à 3.000  $\mu$  qui étaient le minimum possible avec la diathermocoagulation : ces chiffres permettent de mesurer l'énorme différence d'action qui existe entre les deux variétés de courant. Voici d'ailleurs en détail, sur les figures 4 et 5, ce qu'on peut alors constater.

a) En surface existe la zone, minime toujours, où il y a coagulation et même, tout à fait superficiellement, carbonisation, zone tout à fait limitée, puisqu'elle correspond souvent à une ou deux couches de cellules seulement et au maximum à huit ou dix ;

b) Au-dessous de cette couche de destruction totale existe la zone plus étendue où le tissu est également atteint et nettement modifié, mais sans phénomène de coagulation thermique : les cellules présentent seulement les phénomènes d'élongation d'ordre simplement mécanique, comme dans le cas d'étincelles froides, et relevant d'une sorte d'ébranlement moléculaire qui disloque le corps cellulaire. L'histologie montre que ces cellules ne sont point désagrégées chimiquement, ne constituant pas pour l'organisme des corps étrangers qu'il aura à résorber avec les phénomènes toxiques qui en résultent. D'autre part, elle nous fait comprendre, vu l'extrême minceur de la zone escharifiée, qu'il soit possible d'obtenir la réunion par première intention des tissus ainsi séparés et de suturer immédiatement comme après une section sanglante.

II. — Lorsque la section est pratiquée LENTEMENT, en faisant cheminer plus doucement le couteau à haute fréquence, l'aspect est un peu différent et se rapproche davantage de celui de l'électrocoagulation produite par les courants à ondes amorties : en effet, la *coagulation thermique* (qui est fonction de la quantité d'électricité en un point donné) atteint également la zone des cellules présentant les phénomènes d'élongation ; ces cellules profondes ne sont plus alors seulement perturbées par des phénomènes d'ordre mécanique, et par simple dislocation avec éclatement cellulaire. En revanche, même lorsque les effets destructifs y sont intenses, cette zone de destruction mixte, thermique et mécanique, restera toujours limitée et localisée : elle atteint au maximum 600, 800  $\mu$  parfois, ne dépassant un centimètre que si on insiste longuement sur un même point, voilà le fait caractéristique.

En pratique, cette prolongation de l'action des courants à ondes amorties n'aura d'utilité que si l'on voulait obtenir l'hémostase immédiate de vaisseaux déjà assez gros, par exemple lors de la section de parenchymes très vasculaires (rein ou même foie). En revanche (nous le verrons plus loin), on pourra

réaliser avec ces courants, en dehors de toute action prolongée et brutale une *hémostase secondaire*, que j'ai appelée « *précoce* » : elle est basée sur ce que les effets des courants de haute fréquence (et particulièrement d'élongation cellulaire) *se propagent surtout le long des vaisseaux* et qu'ils créent sur ceux-ci des lésions à *distance* d'arrachement et d'éclatement des cellules vasculaires, qui seront un facteur de coagulation et de thrombose ultérieures, c'est-à-dire d'hémostase.

Je reviendrai longuement (p. 132 et 133), à propos des phénomènes de réparation, sur ce mécanisme histologique très intéressant et si heureux au point de vue chirurgical.

En résumé, les constatations histologiques faites *immédiatement* après l'application des courants à Ondes Entretienues dans un but chirurgical, montrent :

a) La *destruction strictement limitée* à une couche minime qui, en un laps de temps égal, *atteint à peine en étendue le dixième ou même le vingtième* de celle produite par les courants à ondes amorties utilisées en électrocoagulation ;

b) Le *peu d'intensité* en pareil cas des *phénomènes Thermiques* qui, lorsque la destruction est rapide, peuvent être réduits à presque rien et qui, même après une section lente, ne produisent jamais qu'une croûte superficielle et très mince de coagulation ;

c) L'*intervention habituellement prépondérante*, dans cette action destructive, de *phénomènes Mécaniques* de dislocation cellulaire, modifiant les cellules en dehors de toute coagulation thermique et n'en faisant pas des corps étrangers pour l'organisme.

## 2° MODIFICATIONS SECONDAIRES ET TARDIVES

L'étude des phénomènes histologiques observés *ultérieurement* à quelques jours de distance de l'application, au cours de la *cicatrisation*, vient confirmer ces constatations et renforcer encore les déductions pratiques qui en découlent.

Voici deux coupes du même rein de cobaye sectionné par le couteau à haute fréquence à ondes entretenues ; le prélèvement a été fait cette fois quinze jours après l'application de l'électrode : l'une est à faible et l'autre à fort grossissement (fig. 6 et 7).

Elles montrent que la mince couche coagulée immédiatement est tombée, *sans qu'il se soit, produit à son voisinage des phénomènes de réaction violente*, ni de cicatrisation épaisse ou



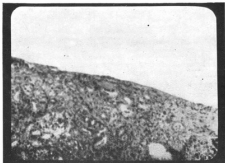


FIG. 6. — Coupe du même rein sectionné par les courants à ondes entretenues, mais prélevée quinze jours après l'opération, en période de cicatrisation (faible gr.).

On est frappé par la minceur de la cicatrice, réduite à une mince pellicule. Au-dessous d'elle, le tissu est presque normal sans trace de réaction cellulaire vis-à-vis des corps étrangers, et avec absence de tout phénomène de résorption pouvant entraîner des troubles d'absorption toxique pour l'organisme. Les cellules ont presque repris leur aspect normal; en particulier, vers la droite, un tube urinaire redévenu presque normal, et, tout en bas, il y en a un qui présente l'aspect habituel. On voit combien le tissu a été modifié à peu de distance par la destruction de haute fréquence.



FIG. 7. — La même coupe du rein prélevée après cicatrisation, mais à fort grossissement.

On voit d'une façon encore plus saisissante la limitation extrême de la zone de destruction produite par les courants à ondes entretenues. Même à ce grossissement, la couche cicatricielle se réduit à un ou deux  $\mu$  et immédiatement au-dessous d'elle, se voit un tube urinaire en voie de réparation: ses cellules « allongées et distoquées » n'ont pas été résorbées: elles persistent comme un corps étranger bien toléré.



rétractile : la cicatrice est, en effet, réduite à une zone tout à fait minime. Au-dessous, on retrouve la couche de cellules *allongées* observée aussitôt après la destruction, cellules simplement disloquées et non coagulées : *ces cellules n'ont pas été résorbées et n'ont provoqué aucun trouble à leur voisinage.* Nous avons ainsi la preuve qu'elles n'étaient pas modifiées au point de vue chimique et que l'action mécanique qu'elles ont subie a laissé intactes leurs qualités spécifiques et leur pouvoir de réparation. J'insiste encore sur la persistance de ces cellules atteintes par le courant et l'absence de phénomènes de défense autour d'elles, constatations qui expliquent qu'il n'y ait pas, comme après la destruction par les courants à ondes amorties de forte intensité, une résorption cellulaire intense s'accompagnant de troubles toxiques.

### 3° ACTION SUR LES VAISSEAUX

Ces faits microscopiques, observés soit immédiatement, soit tardivement, sont déjà d'un grand intérêt pour nous faire comprendre le mécanisme général (vraiment un peu étrange) de cette destruction des tissus par les courants à ondes entretenues ; mais l'étude histologique va nous apporter encore d'autres éclaircissements très précieux concernant leur action particulière sur les VAISSEAUX SANGUINS ET LYMPHATIQUES. Cette action est d'ailleurs commune dans ses grandes lignes aux deux variétés de courants à ondes amorties et à ondes entretenues, aboutissant à un effet d'*hémostase sur les Artères et les Veines*, et d'*obstruction sur les voies Lymphatiques*. C'est cette double propriété particulière qui, je crois, présentera le plus d'intérêt pour le chirurgien général tenté de recourir à la haute fréquence : en effet, pouvoir couper des tissus dans les conditions ordinaires du bistouri sanglant (section linéaire avec réunion per primam), sans qu'ils saignent et en calfatant leurs lymphatiques ouverts, constituerait certainement un grand progrès pour beaucoup d'opérations.

Dans quelle mesure les courants à ondes entretenues réalisent-ils ce double avantage ?

Et le réalisent-ils dans de meilleures conditions que les courants à ondes amorties ?

En ce qui concerne l'incision des tissus, il n'y a pas de doute que seules les ondes entretenues en permettent la section chirurgicale strictement linéaire et avec possibilité de suture immédiate. Mais en ce qui concerne l'effet obstruant et coagulant

sur les vaisseaux, ces nouveaux courants la réalisent dans une très grande mesure, mais avec une efficacité qu'il ne faudrait pas exagérer : je tiens à insister sur cette réserve, que l'histologie justifie et explique. En effet, la minceur de la couche de coagulation immédiate qui, avec ces courants employés à la vitesse de section normale, reste toute superficielle, nous montre qu'il ne faut pas escompter toujours avec eux une hémostase complète et immédiate ; sans doute on pourra l'obtenir dans certains cas en sectionnant lentement, mais avec une telle lenteur, en coagulant si profondément les lèvres de la plaie, que l'on retombera partiellement dans les inconvénients des appareils à éclateurs. Ces réserves de principe ayant été faites, nos constatations histologiques vont nous permettre, en précisant le mécanisme de cet effet, d'en tirer des conclusions très favorables en ce qui concerne cette influence particulière des courants de haute fréquence sur les vaisseaux :

a) Pour les LYMPHATIQUES, leur diamètre infime et la difficulté de les reconnaître sur les coupes rendent peu démonstratives les preuves histologiques de leur obturation ; mais il n'est pas douteux que la lymphe se soit coagulée comme le sont les petits vaisseaux.

b) En ce qui concerne les vaisseaux SANGUINS, les coupes (voir fig. 9 et 10) montrent bien cette action élective sur eux, aboutissant à leur oblitération et, par suite, réalisant leur hémostase soit immédiate, soit ultérieure.

Dans la zone détruite immédiatement par la chaleur, les vaisseaux paroi et contenu sont, comme le reste du tissu, coagulés brutalement ; le fait est évident et se passe de commentaires, leur occlusion se réalisant sur-le-champ. Par contre, il est très intéressant d'étudier en détail la zone adjacente, ou « zone limite », qui présente les phénomènes d'élongation des cellules, si caractéristiques de l'action des courants de haute fréquence. On y constate que ces phénomènes ont lieu *électivement* autour des vaisseaux, donnant la preuve que c'est à leur niveau que le courant se propage avec le plus d'intensité. On voit, alentour, les cellules élongées, étirées se disposer en groupes, pressées les unes contre les autres, comme attirées par la lumière vasculaire, leur allongement se faisant vers celle-ci ; il se crée ainsi autour des artérioles et des veinules un véritable « manchon » de ces cellules modifiées, pressées et aplaties les unes contre les autres, manchon qui aboutira, lorsque le processus aura été particulièrement intense, à la formation d'une cicatrice progressive, arrivant à oblitérer leur lumière.

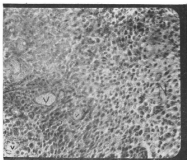


FIG. 8. — *Portion de foie, qui a été sectionnée par le courant à haute fréquence avec ondes entrecroisées; la coupe passe à distance de la zone détruite, dans la zone adjacente, ou « zone limite ».* On est frappé par l'agglomération des cellules autour des deux vaisseaux surtout du plus gros d'entre eux; tout autour de lui, les cellules sont comme attirées vers sa lumière, allongées et écartées dans sa direction, en même temps qu'elles sont écartées et comme écrasées les unes contre les autres. Il se constitue ainsi un véritable « manchon périvasculaire » dont l'aspect est typique.

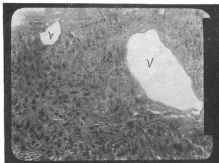


FIG. 9. — *La même coupe de foie dans la « zone limite » mais à fort grossissement.* — On voit le détail de ce manchon périvasculaire, et on y distingue bien les cellules, étirées, allongées, s'écrasant mutuellement contre la lumière du vaisseau vers lequel elles ont subi une « attraction ». Les cellules endothéliales vasculaires sont elles-mêmes très modifiées et on comprend que de cet ensemble de corps cellulaires vasculaires et juxta-vasculaires disloqués et écartés, soient mis en liberté les ferments coagulants qui y sont contenus.

Ainsi nous est révélé le mécanisme de l'hémostasie secondaire précoce caractéristique des courants de haute fréquence, mécanisme double, par organisation et rétraction progressive de ces « manchons périvasculaires », sortes de « ligatures vivantes », se formant à distance notable de la zone de destruction, et par mise en liberté du fibrinogène de ces cellules disloquées et écartées.



Cette oblitération se faisant peu à peu, elle aura, dans cette couche limitrophe, déjà fini de se constituer le plus souvent, lorsque l'escharre de coagulation tombera, ce qui évitera les hémorragies secondaires. Cette heureuse évolution a, après l'emploi des courants à ondes entretenues, d'autant plus de chances de se produire, que ceux-ci ont un rayon d'action destructive plus limité et qu'on évite absolument avec eux les nécroses diffuses, à large distance des courants à ondes amorties : or, nous avons vu que ce sont ces nécroses qui risquent de provoquer, les jours suivants de l'application, la chute prématurée d'escharres volumineuses, chute parfois trop précoce pour que l'hémostase secondaire et définitive ait eu le temps de s'organiser. Nous voyons ainsi, après la destruction par la haute fréquence, se réaliser un double processus d'hémostase dans les tissus ayant subi l'action de ces courants : une hémostase *immédiate*, du fait de la coagulation instantanée et brutale qui obstrue de suite les vaisseaux ouverts par des effets thermiques, comme le ferait un cautère (cautère simple, galvanothermocautère) — et une hémostase *secondaire*, d'un caractère très spécial, dont nos coupes montrent l'existence et le mécanisme probable, et qui serait elle-même le résultat d'une double action. Elle est d'abord préparée (et sans doute aussi réalisée ensuite) par cette « attraction », cet « étirement » vers les vaisseaux des cellules allongées; avec formation dans la zone non coagulée de ces véritables « manchons périvasculaires » dont l'organisation puis la rétraction produiront l'étranglement et l'occlusion des vaisseaux. Mais elle doit être aussi un résultat de la dislocation des cellules vasculaires et périvasculaires, dont l'éclatement met en liberté leur ferment coagulant, avec production de thrombose des vaisseaux. L'existence de cette *hémostase secondaire précoce* s'appuie d'ailleurs aussi sur la constatation faite par moi cliniquement, que dans les opérations par la haute fréquence, même si le saignement immédiat est assez abondant, il se tarit dans les heures suivantes avec une rapidité qu'on ne rencontre pas dans les opérations sanglantes. Ce phénomène a particulièrement frappé mon maître Gossel et ses assistants dans les opérations d'amputation large du sein.

Ce processus curieux, évoluant en dehors de tout phénomène thermique, sera plutôt le fait des courants à ondes entretenues, après l'application desquels nous avons, dans la couche profonde modifiée mécaniquement, mais non coagulée, constaté la présence de ces « manchons périvasculaires » avec leurs cellules étirées. Mais un processus presque semblable se produit aussi après l'application des courants à ondes

*Amorties, de haute tension et faible intensité*, qui présente la même couche profonde de perturbation simplement mécanique. Ainsi cette dernière variété de courants produits par les appareils à éclateurs procurait les mêmes avantages de *limitation dans l'effet destructif brutal thermique* et de *sécurité dans l'évolution*, que donnent maintenant les appareils à lampes. Ces avantages, que la clinique m'avait fait depuis longtemps leur attribuer, l'histologie vient de permettre, grâce à Champy, d'en vérifier la réalité et de les expliquer. Or, dès mes premières recherches avec Oudin en 1910, et alors que ces appareils à éclateurs existaient seuls, j'avais insisté, dans leur utilisation chirurgicale, sur ces propriétés particulières et heureuses de l'étincelage tiède et froid (ou presque froid); je les mettais en opposition profonde avec les effets beaucoup plus brutaux de l'électrocoagulation, amenant des nécroses diffuses avec larges escharres et possibilité d'hémorragies secondaires au 8-10<sup>e</sup> jour; et ces constatations m'avaient fait émettre des réserves sur l'emploi de ces courants de forte intensité et à action essentiellement thermique, pour toute une série de cas où point n'était besoin d'agir vigoureusement et en profondeur.

Je n'ai cessé depuis 18 ans d'insister sur cette notion et la distinction d'ordre pratique qui en découlait, y revenant à toute occasion lors des réunions d'Urologues. Aussi bien, mes collègues en urologie trouvaient-ils fastidieuse mon insistance, et subtile cette discrimination à faire parmi les courants de Haute Fréquence, qu'ils englobaient à tort sous le nom général et inexact de Diathermie.

Et même parmi vous, mes collègues de la Société d'Electrothérapie (2), n'en est-il pas qui avaient aussi accueilli avec un peu de scepticisme et d'ironie cette différenciation en étincelles carbonisantes, chaudes, et étincelles tièdes ou presque froides; et mon ami Bélot n'avait pas été sans me taquiner sur ce point. Or, voici que ces nouveaux courants d'appareils à lampes, rendus maintenant pratiques, réalisent en grande partie les avantages chirurgicaux que j'attribuais à l'étincelage froid ou tiède, et qui m'en avaient fait préconiser l'emploi pour toute une série de cas. Mais ils les réalisent dans des conditions différentes, avec des effets destructifs beaucoup plus énergiques et plus puissants, qui, quoique restant limités, conservent les mêmes garanties de sécurité, et apportent

(1) On peut encore les appeler, d'un terme plus long mais plus scientifique, *Étincelles de moyenne et de haute Tension*.

(2) C'est une fierté pour moi d'avoir été le premier chirurgien et, je crois, aussi le seul admis par vous.



en plus la possibilité de sections chirurgicales linéaires. Ils constituent donc un progrès à toute une série de points de vue.



Tel est l'ensemble de faits qui résultent des constatations cliniques et expérimentales, faites en grande partie en collaboration avec MM. Champy et Gondet. Elles permettent d'éclaircir, semble-t-il, toute une série de points qui avaient éveillé l'attention des électrothérapeutes comme des chirurgiens utilisant la haute fréquence, ou même des « médecins opérateurs » qui y recourent également, tel mon ami Ravaut dont je me félicite d'avoir été l'initiateur en haute fréquence.

Ma communication est trop longue déjà pour que j'en tire aujourd'hui toutes les conclusions pratiques qui me paraissent en découler, et qui permettraient d'assigner d'une façon plus précise dans nos techniques la part respective qu'il conviendrait de donner à chacune des deux grandes modalités de courant. Ce sera l'objet d'une autre communication, où je vous exposerai, en même temps, la troisième modalité de courant créée par nous, *courant mixte*, association en certaines conditions des deux modalités d'ondes amorties et entretenues : j'en préciserais alors le mécanisme de production ainsi que les effets physiologiques et les indications pratiques. Mais déjà maintenant, je voudrais bien insister sur le fait capital, que *chacune de ces trois modalités, mises maintenant à notre disposition, ont leurs avantages et leurs inconvénients* : en particulier, ce serait compromettre le succès des nouveaux appareils à lampes que de vouloir les substituer intégralement aux anciens appareils à éclateurs ; de même le courant mixte ne saurait remplacer en tout et pour tout les deux autres.



Je tiens enfin, pour terminer cette communication, à reproduire devant vous les conclusions pratiques que j'avais proposées à la Société de Chirurgie, en ce qui concerne l'emploi dans la pratique chirurgicale de ces courants à ondes entretenues, récemment entrés dans la pratique.

## CONCLUSIONS PRATIQUES

### CONCERNANT L'UTILISATION DES ONDES ENTRETENUES

De l'étude biologique et électrique des deux modalités différentes des courants de haute fréquence, il résulte que la réalisation pratique des appareils à lampes a apporté au chirurgien des ressources nouvelles importantes, susceptibles d'étendre singulièrement le champ chirurgical de la haute fréquence, jusqu'ici resté trop cantonné dans le domaine des spécialistes, des urologues surtout.

Je résumerai ainsi ces nouveaux avantages pratiques :

a) Le couteau à haute fréquence utilisé avec les appareils à lampes peut remplacer avantageusement dans beaucoup de cas le bistouri sanglant, puisque, à l'inverse du couteau « diathermique », il permet des *incisions linéaires* et susceptibles de *suture immédiate*. Avec ces courants, en effet, la zone de carbonisation gênante et empêchante reste microscopique.

b) Cette section à la haute fréquence est en général suffisamment *hémostatique* (à condition de ne pas la faire trop rapidement), pour constituer un réel avantage dans la section des organes très vasculaires, où l'hémorragie deviendra minime. On pourrait d'ailleurs augmenter cette action hémostatique en sectionnant plus lentement ;

c) Ce mode de section, même rapidement faite, suffit dans la plupart des cas pour *coaguler les lymphatiques* et produire, par conséquent, un véritable calfatage de leurs conduits ;

d) Enfin l'action destructive ainsi produite garde les avantages de *désinfection*, de souplesse de maniement (tout particulièrement de maniement à distance dans les organes creux), d'indolence d'évolution, de sécurité de cicatrisation, inhérents à toute utilisation de haute fréquence en chirurgie, et cela non plus ne sera pas négligeable, nous allons maintenant le voir dans l'énoncé des applications chirurgicales proprement dites.

APPLICATIONS CHIRURGICALES. — Pour sectionner simplement la *Peau* et le tissu cellulaire sous-cutané, on ne voit pas en principe d'avantage à recourir au bistouri de haute fréquence à ondes entretenues. On peut continuer à s'en servir pour cet usage, lorsqu'on l'a déjà en mains pour une utilisation plus justifiée ; mais en dehors de cette éventualité, il ne semblerait pas y avoir de raison pour le préférer au bistouri sanglant.

Et pourtant si, il y en a une indirecte et qui n'est pas sans

intérêt. En effet, grâce au bistouri à haute fréquence, on peut réaliser au cours d'une incision (peau, muscles ou viscères), ce que j'appellerai *l'hémostase sans ligatures*, technique que d'ailleurs permettent également les ondes amorties. La manœuvre en est très simple. Elle consiste, après avoir pincé comme à l'ordinaire tous les vaisseaux importants qui saignent dans l'incision faite, à mettre l'électrode de haute fréquence au contact de chaque pince maintenue par l'autre main, le contact pouvant être fait en un point quelconque de la pince : il se produira à l'extrémité pinçante une zone de coagulation ; un léger bouillement et un claquement indiquent que la coagulation hémostatique est suffisante, et on peut enlever alors chacun des clamps. A l'endroit du vaisseau pincé s'est formée une tache noirâtre, et le saignement se trouve arrêté définitivement. Cette technique dans une incision des parties molles n'apporte pas grand avantage ; en revanche, elle devient très précieuse si l'on a à sectionner des viscères vasculaires, où il est difficile de poser des ligatures, tels que le poumon, le cerveau. Mais nous rentrons alors dans une des grandes indications générales du bistouri à haute fréquence, découlant de l'exposé fait plus haut, indications que je vais préciser maintenant.

De ces indications, deux me paraissent essentielles pour le chirurgien général ; une série d'autres, pour être très intéressantes, demeurent accessoires.

1° L'indication capitale est la *section de parenchymes très vasculaires*, tels que le rein, le foie, la rate, ou bien moyennement vasculaires tels que le poumon et le cerveau, mais où il est difficile pour ne pas dire impossible de placer des ligatures. Cette action coagulante ne sera pas non plus négligeable pour la section des viscères creux, tels que la vessie, lorsqu'on y pratique une large résection, et où il peut être très difficile de placer des ligatures dans le fond de la plaie.

L'avantage de l'incision à la haute fréquence est double : la section même par l'électrode empêche d'abord l'hémorragie en nappé, si ennuyeuse et gênante dans tous les parenchymes vasculaires, et le pincement avec coagulation sans ligature complète l'hémostase des vaisseaux plus importants : la haute fréquence est seule capable de réaliser cette double action qui est d'un intérêt inappréciable pour le chirurgien. Je vous ai déjà communiqué en décembre le très beau résultat obtenu dans la *néphrolithotomie* et montré un très gros calcul enlevé ainsi ; la chirurgie de la lithiase rénale, la redoutable et si redoutée néphrotomie, sont vraiment transformées par le cou-

teau à la haute fréquence. De même, la chirurgie du *Cerveau* ; et mon ami de Martel vous le démontrera par toute une série d'observations. La chirurgie du *Foie* pourra aussi en bénéficier, pour éviter par exemple l'hémorragie en nappe au cours de la cholecystectomie, ou même pour une résection partielle du foie ; nous avons pu réaliser celle-ci avec M. Champy sur le lapin sans saignement.

Dans le *Poumon* également, la section par la haute fréquence me semble devoir être très avantageuse ; en particulier, le pincement coagulant apporte une grande commodité, puisqu'il évite de laisser les pinces à demeure dans ce tissu friable où les ligatures sont presque impossibles à placer.

Enfin, une indication particulière, concernant l'obstétrique, semble intéressante, ce serait l'incision de l'utérus dans l'opération *césarienne* : bien que, l'enfant une fois retiré, la paroi cesse spontanément de saigner le plus souvent, l'incision hémostatique serait une garantie de plus contre les dangers d'hémorragie.

On peut d'ailleurs déduire de multiples indications de cette propriété hémostatique des courants à ondes entretenues, qui, sans être je le répète toujours très complète et immédiate, constitue déjà un progrès considérable, inestimable même, sur les incisions au bistouri. Si dans ce but d'hémostase on doit préférer le courant mixte, il n'en reste pas moins que grâce à ces appareils à lampes, on diminue les risques d'hémorragie de 50 à 70 p. 100 dans la plupart des cas.

2° La seconde indication essentielle concerne l'action *coagulante et obstruante sur les Lymphatiques*, et elle prendra toute sa valeur dans la chirurgie des *Cancers*.

On connaît les travaux d'Handley sur l'essaimage des cellules cancéreuses par les lymphatiques cutanés, et d'autre part, les précautions que prennent certains chirurgiens pour ne pas contaminer les tissus par leurs bistouris ayant été en contact avec les cellules néoplasiques. Par l'incision à haute fréquence, on évitera ces dangers de contamination directe ou indirecte, en particulier en réalisant dans ce but ce que j'appelle le « calfatage » des voies lymphatiques.

Inutile d'insister sur les avantages de ce mode de section comme sécurité ultérieure ; une opération de cancer de la langue serait ainsi complètement modifiée. Or, cet avantage, il faut bien le dire, est l'apanage et la conséquence directs des nouveaux appareils à lampes, produisant ces ondes entretenues : ce sont eux qui ont rendu pratique cette incision au bistouri de haute fréquence, alors qu'avec le couteau diathermique elle

était d'une technique difficile et si peu satisfaisante que la plupart des chirurgiens l'avaient abandonnée. Il faut, cependant, faire encore une réserve à ce point de vue dans les effets des ondes entretenues : elle découle de nos constatations histologiques. Nous savons, en effet, combien peut être mince la couche coagulée lorsqu'on sectionne rapidement ; elle peut même être inexistante si on sectionne trop vite ; et alors le bouchage des voies lymphatiques ne se produisant plus, le chirurgien n'aura eu que l'illusion d'avoir créé ce calfatage qu'il recherchait. J'insiste beaucoup sur ce point, et il faut reconnaître que là encore le courant mixte constitue un progrès en donnant une sécurité absolue et la certitude que toute voie lymphatique sectionnée a été coagulée et obstruée.

3° Parmi les indications secondaires, mais pourtant très précieuses, il en est une très importante, c'est la possibilité d'utiliser avec ces courants une *anse fine*, qui sectionnera les tissus, non seulement aussi bien, mais même *mieux* que le bistouri ou les ciseaux.

Et tout d'abord, ce mode de section rendra des services inappréciables dans un cas qui se présente souvent, je veux dire dans les *biopsies*, pour prélever un fragment d'un tissu suspect. C'est véritablement merveille de voir avec quelle aisance se fait la section d'un fragment de tumeur, par exemple sur la langue, dans le fond d'un pharynx, sur un col utérin.

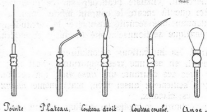
Mais l'anse de haute fréquence a bien d'autres applications : par exemple, dans la cavité rectale, ou vésicale, ou nasale, ou laryngée, pour sectionner un polype à sa base ; pour enlever un lobe médian prostatique, pour abraser toute une portion du col vésical dans la « maladie du col » de Marion, au fond d'une gorge pour enlever les amygdales. Mais, dans tous ces cas, il convient de sectionner très lentement pour laisser à l'effet hémostatique le temps de se produire.

Je me suis borné à citer quelques emplois seulement de cette anse de haute fréquence qui rendra de grands services.

4° Comme autre indication secondaire du bistouri à haute fréquence, il faut tenir compte de son pouvoir de *désinfection*. Et je pense à la section des *hémorroïdes* en la combinant avec leur destruction directe par électrocoagulation, ainsi que j'ai été le premier à le faire il y a dix-sept ans. (Qu'on excuse cette revendication de paternité.)

Je pense aussi à la section d'un *utérus très infecté* dans une *hystérectomie* pour salpingite. Je pense surtout à la libération

d'un *cancer rectal* dans son extirpation complète, comme l'a si bien réglé mon maître Cunéo ; vraiment, dans ce cas, on mettra à profit tous les avantages de la section par haute fréquence, puisqu'on bénéficiera à la fois de son action hémostatique, de son action obstruante des voies lymphatiques et de son action désinfectante ; je la crois propre à transformer heureusement cette chirurgie des cancers rectaux et sigmoïdiens, si redoutables de par le milieu même où on travaille.



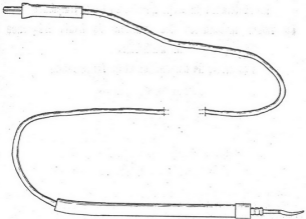
Je n'ai fait que signaler quelques-unes des utilisations de ce bistouri à haute fréquence dans toutes les régions profondément septiques où on aura à travailler. On peut les multiplier à l'extrême.

5° Enfin, d'autres utilisations se présenteront dont l'intérêt sera moindre ou plus discutable, par exemple pour sectionner un intestin, pour coaguler un pédicule, pour obturer un conduit (uretère ou bronche), ces dernières applications pouvant se faire par l'intermédiaire d'une pince rendue coagulante par contact avec l'électrode. Peut-être aussi la section au bistouri de haute fréquence sera-t-elle utile pour extirper des lésions tuberculeuses (?)

En résumé, le champ des applications de la haute fréquence, grâce à ces appareils à lampes (dont l'action pourra être encore renforcée par leur association avec les appareils à éclateurs), s'ouvre très grand pour le chirurgien.

INSTRUMENTATION. — Je parlerai très succinctement de l'instrumentation chirurgicale, permettant d'appliquer ces courants à ondes entretenues. Elle est représentée ci-contre (voir fig. 12) et inspirée de celle que j'avais créée pour les courants à ondes amorties, d'abord en 1912, puis en 1919 et 1920.

Elle se compose essentiellement comme celle-ci d'un *couteau droit*, d'un *couteau coudé*, d'une *pointe*, d'un *plateau*, de modèles et de formes un peu variables, — mais tous ces instruments étant d'un modèle *beaucoup plus réduit* que ceux pour les appareils à éclateurs, du fait que la surface de passage du



Porte-Électrode

courant doit être aussi restreinte que possible avec ces ondes entretenues. D'autre part, y est adjointe une *anse* qui n'avait guère d'utilité pour les ondes amorties et dont le Martel avait tout particulièrement besoin pour sa chirurgie cérébrale.

Enfin on a représenté un *porte-électrode*, très simple et stérilisable par la chaleur, sur lequel se montent instantanément tous les instruments énumérés plus haut.

Quant à l'*Appareil producteur des courants*, le voici devant vous : c'est un appareil à deux lampes, dont les caractéristiques électriques seront définies par mon ami et collaborateur Gondet, que je suis heureux, en terminant, de remercier une fois de plus de son aide précieuse.