

LA MORT ET LES ACCIDENTS

PAR LES

COURANTS ÉLECTRIQUES

PAR

A. HALLEUX

Ingénieur au Corps des mines,
Secrétaire de la Commission d'électricité.

[6148]

Les comptes-rendus du deuxième congrès international d'Électrologie et de Radiologie médicales tenus à Berne du 1^{er} au 6 septembre 1902 (1) viennent de paraître; celui de la neuvième séance, où « les phénomènes de la mort et des accidents par les courants électriques industriels » ont été discutés, offre un intérêt tout particulier pour nous.

C'est M. le Dr F. BATELLI, privat-docent de physiologie à l'Université de Genève, qui a présenté le rapport sur cet objet et fait connaître au Congrès les résultats donnés par les expériences qu'il a entreprises depuis plusieurs années déjà avec M. le professeur Prévost (2).

Le rapport du savant expérimentateur est divisé en trois parties : A) Expériences sur les animaux; B) Electrocution des criminels; C) Accidents de l'industrie électrique.

(1) Publié par les soins de M. le Dr L. SCHYNDER, secrétaire du Congrès. Berne, Office polytechnique d'Édition, S. A., 1903.

(2) Voir « Note sur les dangers de l'électricité », *Ann. des Mines de Belgique*, 1901, t. VI, 3^{me} livraison, p. 427.

Nous analyserons successivement ces trois chapitres en y ajoutant quelques commentaires.

A. — I. Les expériences faites sur des animaux dans des conditions comparables ont montré que le mécanisme de la mort par la basse tension est différent de celui par la haute tension; il ne paraît point, sous ce rapport, y avoir de différence entre les courants continus et les courants alternatifs.

Les courants à basse tension (ne dépassant pas 120 volts) tuent les animaux en produisant l'arrêt du cœur par l'apparition du phénomène connu sous le nom de *trémulations fibrillaires du cœur*, lequel est caractérisé par une contraction désordonnée des différents faisceaux musculaires de cet organe, les centres nerveux étant peu affectés et la respiration se produisant quelque temps encore après l'application.

Chez tous les animaux soumis à ces expériences on a constaté cette paralysie du cœur par trémulations fibrillaires; cependant, si le courant est interrompu, les oreillettes reprennent leur rythme normal tandis que les ventricules restent en trémulations chez certains animaux ou peuvent reprendre leur rythme chez d'autres (1).

Si la trémulation des ventricules persiste après suspension du courant, l'animal doit mourir; c'est le cas du chien. Mais M. le D^r Batelli a découvert que si l'on fait passer immédiatement après, un courant sous haute tension (au-dessus de 1,200 volts) le cœur reprend ses mouvements synchrones et l'animal est sauvé.

Quant aux courants sous haute tension, ils tuent par inhibition des centres nerveux et la mort a lieu par suite de l'arrêt subséquent de la respiration. Le cœur continue à

(1) La trémulation disparaît complètement chez les rats après suspension du courant; elle perdure dans les ventricules chez le chien.

battre avec énergie et ne suspend ses mouvements qu'à la suite de l'asphyxie. Si, après que le courant a cessé de circuler, la respiration ne se rétablit pas d'elle-même, on peut pratiquer la respiration artificielle et rendre la vie à l'animal.

Des faibles différences de potentiel aux hautes, on observe donc une variation complète des effets; les trémulations fibrillaires vont s'atténuant et l'inhibition des centres nerveux s'accroît d'une manière continue; entre 240 et 600 volts, M. le D^r Batelli a constaté sur le chien l'apparition simultanée des deux phénomènes.

II. Le second chapitre de la première partie traite des conditions physiques des expériences :

a) *Nature du courant.* — M. Batelli a trouvé que le *mécanisme* de la mort par les courants continus est le même que celui par les courants alternatifs; il résulterait de ses expériences que le courant continu minimum pour arrêter le cœur en trémulations fibrillaires devrait être produit, toutes autres conditions égales, par une différence de potentiel quatre ou cinq fois supérieure à celle qui causerait le même phénomène en courant alternatif de 50 périodes. D'autre part, l'inhibition du système nerveux produite par le courant continu est, toutes conditions égales (1), *beaucoup plus prononcée* que par le courant alternatif.

b) *Nombre des périodes du courant alternatif.* — Les effets des courants alternatifs qui ont de 30 à 150 périodes ne présentent pas de différences bien considérables. Si le nombre des périodes s'élève, le danger diminue.

c) *Intensité du courant.* — L'intensité du courant jouerait un rôle des plus important, quant à la gravité des accidents causés. M. Batelli se demande si les manifestations

(1) Rappelons que l'inhibition se produit à haut voltage, d'après ce qui a été dit plus haut.

électriques sur l'organisme ne sont pas en relation directe avec l'énergie dépensée dans celui-ci.

d) *Résistance.* — La nature du contact peut modifier profondément les phénomènes physiologiques provoqués par les courants électriques; M. le D^r Batelli attire l'attention sur un fait expérimental dont, à notre connaissance, on n'a jamais tenu compte : dans la majeure partie des cas, il se produit une brûlure au point de contact du corps et du conducteur sous tension ; la peau est immédiatement carbonisée et desséchée de sorte que la résistance ohmique du contact grandit dans de très grandes proportions ; plus, toutes choses égales, la tension est élevée, plus cette carbonisation est rapide et importante.

e) *Durée du contact.* — Les expériences ont montré que le courant *continu* capable d'arrêter le cœur par trémulations fibrillaires, produit déjà cet effet, chez certains animaux (chien), lorsque la durée du contact est très faible et est de $1/10^{\text{me}}$ de seconde ; le courant *alternatif* exige dans les mêmes conditions un contact plus long qui va de $1/4$ de seconde à 1 seconde. D'autre part, les fonctions du système nerveux sont profondément atteintes par des durées de contact très courtes ; un contact de $1/12^{\text{me}}$ de seconde suspend momentanément la respiration du chien.

Si la durée du contact est d'une seconde ou plus, les troubles (trémulations fibrillaires et inhibition des centres nerveux selon les cas) s'accroissent.

f) *Densité du courant.* — La densité du courant dans les organes essentiels à la vie est impossible à calculer quand l'animal est vivant ; qualitativement, il résulte des essais que les faibles densités mettent le cœur en trémulations fibrillaires et les fortes densités agissent particulièrement sur les centres nerveux.

Il est établi que les effets du courant sont dépendants du chemin parcouru par celui-ci ; ainsi un chien sera tué par

le courant résultant d'une différence de potentiel de 15 à 20 volts appliquée de la tête aux pieds postérieurs alors que, si les électrodes sont appliquées non sur la tête mais aux pieds antérieurs il faut 60 à 80 volts pour obtenir le même résultat.

Il est clair que l'importance du courant mortel dépend de la grandeur des animaux soumis aux expériences.

III. Les animaux tués par l'électricité ne présentent aucune lésion constante et caractéristique.

B. — La deuxième partie du mémoire que nous analysons, traite de l'électrocution des criminels, telle qu'elle se pratique en Amérique; les électrodes (éponges mouillées) sont placées l'une au sommet de la tête, l'autre sur un mollet: on utilise du courant alternatif (1). On commence par soumettre le criminel à une tension de 1,700 à 2,000 volts pendant 7 secondes environ, puis cette tension est ramenée à 300 ou 400 pendant 30 secondes, parfois on réapplique à nouveau la tension initiale. On évite ainsi les élévations trop fortes de la température. Les courants qui circulent sont respectivement de 8 à 10 ampères et de 2 à 3 ampères: ce qui porte la résistance ohmique du corps à 200 ohms environ.

Après avoir analysé les circonstances et observations faites lors d'un certain nombre d'exécutions, le Dr Batelli conclut que l'analogie est complète entre les faits observés chez le chien et ceux que l'on a constatés chez l'homme; les faibles différences de potentiel (densité de courants faibles) mettent le cœur en trémulations fibrillaires et l'arrêtent; les grandes densités de courants ne suspendent point les battements du cœur mais annihilent les fonctions respiratoires, et, si la durée d'application est convenable, déterminent la mort.

(1) A 130 périodes dans l'Ohio.

Un exemple très caractéristique est cité à l'appui de ces faits : c'est celui du condamné Taylor qui fut soumis dans les conditions ci-dessus exposées à un courant sous haute tension pendant 32 secondes; par suite d'un accident aux appareils l'opération dû être suspendue ; peu à peu la respiration dut patient reprit et une demi-heure après le pouls accusait 120 pulsations et on constatait 18 respirations par minute.

C. — Cette dernière partie concerne les accidents de l'industrie électrique.

a) Ainsi que le fait observer très judicieusement l'auteur, les résistances ohmiques aux points de contact sont généralement très élevées au cas d'attouchement fortuit de conducteur sous tension; par conséquent, la densité de courant dans les organes essentiels n'a été, selon toutes probabilités que rarement élevée dans les cas mortels enregistrés. L'action sur les centres nerveux est donc des plus problématiques, et la mort est due aux contractions fibrillaires du cœur (1).

Il serait du plus haut intérêt de vérifier d'une façon précise, si les trémulations fibrillaires sont définitives chez l'homme comme chez le chien; cela est chez le singe. M. le Dr Batelli considère comme très probable que l'homme est aussi dans ce cas.

On peut en conclure que si les trémulations fibrillaires apparaissent chez l'homme, il y aura mort certaine; dans ce cas la respiration artificielle ne peut être d'aucune utilité. Si, par contre, le cœur n'est pas mis en trémulations, la victime ne court aucun danger sauf celui de l'asphyxie au cas d'un contact suffisamment prolongé et dans des conditions de courant convenable.

(1) Dans tous les accidents, les contacts sont infiniment plus mauvais que dans les électrocutions et l'attouchement est souvent de courte durée.

b) La perte de connaissance passagère a été souvent observé chez des personnes ayant été en contact momentané avec des conducteurs électriques; cet accident s'est produit non seulement quand les contacts avaient lieu sur la tête, mais encore quand des membres étaient touchés.

On ignore complètement la nature de ce phénomène, distinct des troubles dont il a été question ci-dessus.

c) Les brûlures qui sont parfois la conséquence d'un contact ne s'entourent pas du liséré blanchâtre des brûlures ordinaires; elles ne suppurent presque jamais et la douleur ne se manifeste pas pendant la guérison.

d) Des troubles nerveux persistent plus ou moins longtemps après l'accident; généralement ils disparaissent.

e) En ce qui concerne les tensions qui ont causé la mort, l'auteur rapporte des cas d'accidents mortels à 115 volts en courant alternatif; dans l'énorme majorité des cas mortels, dit-il, la tension atteignait au minimum 400 volts en alternatif et 1,000 volts en courant continu. Pour M. le Dr Batelli, le courant alternatif commence à devenir dangereux lorsqu'il atteint 400 ou 500 volts et le courant continu quand il atteint 1500 volts.

Le danger s'accroît avec la tension.

f) Les expériences relatées plus haut, qui montrent l'influence de la durée du contact pour le chien, seraient selon toutes probabilités analogues pour l'homme.

g) La résistance ohmique propre du corps de l'homme est faible; de main à main elle n'est que de 1,000 ohms environ. Les résistances de contacts jouent donc un rôle prépondérant.

Ainsi qu'il a été dit plus haut, ces résistances de contact peuvent se modifier très profondément par les modifications que le passage du courant entraîne pour la peau (brûlures).

h) Ce qui a été mentionné pour les animaux quant à la

densité du courant, est aussi applicable à l'homme. La circulation du courant de main à main est la plus dangereuse; c'est un cas fréquent dans la pratique.

i) On a vu que la respiration artificielle ne peut être d'aucun secours si le cœur a été mis en trémulations fibrillaires et s'il ne bat plus, *ce dont le médecin seul peut s'assurer*; autrement elle sera utile mais non indispensable, car la respiration spontanée se rétablirait elle-même.

j) Quand il n'existe pas de brûlures caractéristiques, l'examen du cadavre ne peut indiquer si la mort est due au passage du courant électrique.

Une discussion a suivi, au Congrès, l'intéressant et remarquable rapport qui vient d'être très brièvement résumé.

On a notamment demandé à M. le Dr Batelli s'il n'était pas trop sévère et ne condamnait pas d'une façon trop absolue le traitement des victimes de l'électricité par la méthode de la respiration artificielle, méthode qui est devenue officielle en France pour les cas de mort apparente survenus à cause du courant.

M. le Dr Batelli a répondu qu'il est de nombreux cas de mort apparente où la victime s'est rétablie sans aucun secours; que, d'autre part, de nombreuses expériences faites sur les animaux lui permettent de conclure que les tractions rythmées de la langue ne réussissent jamais à rappeler à la vie l'animal qui n'est plus en état de se rétablir spontanément.

Les autres observations présentées concernaient le mécanisme physiologique même de l'action des courants sur les êtres animés.

Les expériences ci-dessus rapportées ont mis en lumière le mécanisme de la mort par les courants électriques; les courants *faibles* déterminent l'apparition de trémulations fibrillaires, lesquelles, une fois produites, paraissent devoir entraîner à coup sûr la mort chez l'homme; les courants *forts* provoquent l'inhibition des centres nerveux et notamment du centre respiratoire.

Malheureusement, le mémoire de M. le D^r Batelli ne contient aucune mesure de courant permettant de se rendre compte exactement de l'énergie électrique mise en jeu et de faire des comparaisons utiles. Au surplus, il eut été des plus intéressant d'étudier, dans des conditions comparables, les phénomènes qui se produisent par les courants tant alternatifs que continus que l'on aurait fait croître d'une façon progressive en notant dans chaque cas le courant et la différence de potentiel appliquée.

Il paraît ressortir du rapport que les courants d'intensité moyenne provoquent à la fois chez le chien, les trémulations fibrillaires et l'inhibition des centres nerveux, mais aucune mesure de courant n'est mentionnée pour ces expériences. Les renseignements donnés quant aux durées de mise en circuit sont assez peu concluants; d'une manière générale il en ressort que le danger s'accroît avec cette durée.

Les effets des courants sur l'organisme, dit M. le D^r Batelli, sont probablement en rapport direct avec l'énergie électrique dépensée, et les résistances de contact jouent un rôle fondamental. Nous sommes, sur ces points, en parfaite concordance de vues avec l'auteur du mémoire (1). On ne

(1) Voir « Note sur les dangers de l'électricité », *Ann. des Mines de Belgique*, 1901, t. VI, 3^{me} liv., p. 427, et t. VII, 2^{me} liv., p. 305.

pourrait, à notre avis, assez insister sur l'importance des résistances de contact qui expliquent parfaitement l'absence de suite dans des cas d'attouchement de conducteur sous hautes tensions (1).

D'après M. le D^r Batelli, le courant continu qui peut causer la mort doit, toutes choses égales, être quatre ou cinq fois plus fort que le courant alternatif à 50 périodes; aucun chiffre n'est cité à l'appui de cette affirmation; au surplus, les accidents survenus ne paraissent d'ailleurs nullement la confirmer. Cette conclusion doit être admise sous réserves.

M. le D^r Batelli fixe les limites de différences de potentiel dangereuses pour l'homme, comme suit : 400 à 500 volts en courant alternatif et 1,500 volts en courant continu. Nous tenons à protester avec énergie contre cette conclusion qui ne paraît pas résulter de chiffres précis d'expériences; pour nous *un seul cas de mort* suffit pour qu'une tension soit dangereuse et traitée comme telle dans la pratique (l'accident constituant toujours le cas exceptionnel). Or, on a enregistré déjà plusieurs cas de morts d'hommes n'ayant pas de tare physique survenues par suite d'attouchement de conducteurs sous tension de 110 volts (alternatif) (2) et deux cas, l'un sous 220 volts, l'autre sous 300 volts en courant continu; ces différences de potentiel ayant causé des accidents mortels sont à notre sens des limites indiscutables. Nous ajouterons au surplus que, M. le D^r Batelli ne devant pas ignorer les *nombreux* accidents mortels causés par des lignes de tramways fonction-

(1) Nous avons eu souvent l'occasion de recueillir le témoignage de personnes qui avaient touché des conducteurs sous des tensions atteignant même 6,000 volts (alternatif); malgré les affirmations de certaines d'entre elles, où perçait le mépris du danger offert par les conducteurs électriques, nous n'avons jamais obtenu l'adhésion d'aucune pour supporter 110 volts (alternatif) dans des conditions de contacts que nous aurions déterminées.

(2) Voir « Note sur les accidents dûs à l'emploi de l'électricité », *Ann. des Mines de Belgique*, t. VII, 2^{me} livraison, p. 305.

nant en courant continu sous 500 ou 550 volts (1), on peut s'étonner de lui voir fixer une limite où le danger « commence » à 1,500 volts.

En ce qui concerne l'emploi des procédés de respiration artificielle pour rappeler à la vie les personnes foudroyées par les courants électriques, on peut observer que si la victime est en état de se rétablir spontanément, le traitement par la respiration artificielle y aidera; si la vie a disparu (trémulations fibrillaires), ce dont il est difficile de s'apercevoir, les efforts seront vains; dans ces conditions, il nous paraît que l'on peut encore préconiser dans tous les cas l'emploi de la respiration artificielle.

Bruxelles, mai 1903.



(1) On ne dépasse qu'*exceptionnellement* 500 à 600 volts en courant continu.

