

LE
PHYSIOLOGISTE RUSSE

RÉDIGÉ PAR

M. LÉON MOROKHOWETZ,

Professeur de physiologie à l'Université Impériale.

MOSCOU.

VOL. I.

12 DECEMBRE 1899.

N^o 15—20.

**De l'action physiologique des courants à haute tension
et à grande fréquence.**

Par le Dr. N. Spasski,

du laboratoire physiologique de l'Université Impériale de Tomsk.

Dans les rapports qui existent entre le courant électrique alternatif et le système nerveux, on constate le fait intéressant suivant: à mesure que le nombre des alternances du courant et, parallèlement, son intensité augmentent, l'action du courant sur le système nerveux augmente aussi, jusqu'à une certaine limite toutefois. C'est environ à 2500 oscillations par seconde que l'effet produit par le courant atteint son maximum; à mesure que le nombre des oscillations s'élève au-delà, l'effet diminue, et lorsque ce nombre dépasse 10000 oscillations par seconde, l'action du courant n'est presque plus ressentie par l'organisme. Il s'ensuit qu'à une très haute fréquence des oscillations nous pouvons faire traverser l'organisme par un courant d'une tension énorme, apparemment sans aucun effet nocif, ni même de sensations désagréables, mais il suffit de diminuer la fréquence des interruptions jusqu'au nombre des interruptions d'une spirale ordinaire de Ruhmkorff, pour tuer un organisme tout d'un coup.

Je ne m'arrête pas aux explications de ce phénomène paradoxal, proposées par différents auteurs (E. Tomson, D. Turner, E. Houston et autres); il est une question qui, à mes yeux, présente un plus grand intérêt, c'est de

savoir si ces courants exercent quelque influence sur l'organisme, ou s'ils lui sont véritablement indifférents.

C'est le prof. d'Arsonval qui, le premier, fit des recherches expérimentales sur cette question; il résume ainsi les résultats de ses expériences:

1. Les tissus traversés par ces courants deviennent rapidement *moins excitables* aux excitants ordinaires. Cette diminution se traduit même par une analgésie remarquable qui frappe les points par où le courant pénètre dans le corps. Cette analgésie persiste suivant les cas et les sujets de une à vingt minutes.

2. Le système nerveux vaso-moteur est fortement influencé. Si l'on place par exemple un manomètre à mercure dans le carotide d'un chien, on voit la pression artérielle tomber de plusieurs centimètres sous l'influence de ce genre d'électrisation. On peut constater le même phénomène chez l'homme à l'aide du sphymographe de Marey...

3. En continuant un temps assez long, on voit, chez l'homme, la peau se vasculariser et se couvrir de sueur, conséquence naturelle de l'action des courants sur les vaso-moteurs...

4. En soumettant un animal entier à ces courants, soit directement, soit en le plongeant dans le solénoïde, on constate une augmentation dans l'intensité des combustions respiratoires. Le thermomètre montre qu'il n'y a pas d'élévation de la température centrale... (D'Arsonval.—Action physiologique des courants alternatifs à grande fréquence. Archives de physiologie normale et pathologique, 1893). Le Dr. d'Arsonval obtenait des résultats de ce genre lorsqu'il plongeait l'animal dans le solénoïde aussi bien que lorsqu'il le faisait traverser par le courant d'une spirale secondaire.

Le prof. Ouchinski, qui répéta les expériences du Dr. d'Arsonval, arriva aux mêmes conclusions, savoir que les nerfs sensitifs et les nerfs moteurs ne sont point excitables par le courant à grande fréquence; et que les échanges gazeux augmentent d'intensité: l'augmentation de la quantité de l'oxygène absorbée monte jusqu'à 22 pour cent, celle de l'acide carbonique émis jusqu'à 25 pour cent. ¹⁾

Voilà tout ce qui a été fait jusqu'à présent relativement aux recherches scientifiques et expérimentales concernant la question de l'action physiologique des courants à haute tension et à grande fréquence. Ces recherches sont naturellement loin d'être suffisantes pour qu'on puisse regarder la question comme épuisée. Les auteurs précités n'ont presque pas touché à la question si importante de la nature des processus d'assimilation et de désassimilation sous l'influence de ces courants. Et cependant cette question est des plus graves, surtout lorsqu'on considère que les courants en question ont été proposés et dans quelques cas appliqués avantageusement au traitement des maladies constitutionnelles, telles que le rhumatisme, la goutte, le diabète et d'autres, (Apostoli. De l'action thérapeutique générale des courants alternatifs à haute fréquence et à haute tension; comm. faite à l'Association médicale britannique. Congrès

¹⁾ Prof. Ouchinski. De l'action physiologique des courants alternatifs à haute tension et à grande fréquence. Rapport lu à la Société médicale de l'Université de Varsovie, 1895.

de Londres, 1895), sans parler d'un grand nombre de cas de maladies nerveuses de diverses espèces, guéries par l'application de ces courants. Pour ce qui est des échanges des substances azotées, ni M. d'Arsonval, ni M. Ouchinski n'y ont porté leurs recherches; quant aux échanges gazeux, M. d'Arsonval fait observer brièvement que les processus d'oxydation sont activés, mais, comme le fait remarquer M. Ouchinski, l'auteur cité paraît s'être borné jusqu'à présent à la détermination des changements survenus dans l'air inhalé et dans l'air exhalé en le recueillant à l'aide d'un masque particulier, muni de soupapes, comme l'avaient déjà fait des expérimentateurs français et italiens avant lui. Il est inutile de dire, continue M. Ouschinski, que les résultats obtenus à l'aide d'une méthode de ce genre ne peuvent guère prétendre à l'exactitude.

Il serait également difficile de se borner aux expériences faites par M. Ouchinski lui-même dans cette direction, vu qu'il n'en parle que très sommairement et ne mentionne dans son rapport que deux expériences.

Prenant en considération l'absence dans la littérature de données sur le métabolisme sous l'influence des courants à haute fréquence et à haute tension d'une part, et l'intérêt profond que présente cette question de l'autre, je me suis proposé de contribuer à combler cette lacune, et je donne dans ce travail les résultats de mes recherches, faites depuis un an, sur les échanges gazeux.

L'appareil dont je me suis servi pour étudier les échanges gazeux a été construit d'après les principes de Regnault et Reiset.

Une cloche en verre (*A*) de 27000 c.c. de capacité est hermétiquement vissée à un support en fer massif, posé sur des pieds. L'animal qui sert pour l'expérience, un cobaye, est placé sous la cloche sur un entonnoir en fer, recouvert d'une plaque de zinc percée de trous; par une ouverture pratiquée dans la partie inférieure de l'entonnoir, soudée au support, peuvent être évacués l'urine et les excréments, à mesure qu'ils s'accumulent. Deux cylindres en verre (*B* et *B*₁) de 200 c.c. de capacité chacun, renversés sur deux autres cylindres (*C* et *C*₁) plus grands et remplis de mercure sont suspendus aux bouts opposés d'une bascule (*D*) à laquelle une turbine «Chicago» imprime un mouvement oscillatoire. En suivant les mouvements de la bascule, les cylindres de verre *B* et *B*₁, rendus plus lourds par du plomb en grains, s'immergent tour à tour dans le mercure des cylindres inférieurs et en ressortent, de sorte que, à l'aide de 2 tubes de verre passant par chacun des cylindres du dehors en dedans et traversant le mercure, l'air est tantôt aspiré, tantôt refoulé. Grâce à une disposition particulière de 3 soupapes de Müller (*a*, *b*, *c*), cet air se dirige toujours dans le même sens, ce qui fait qu'il est toujours aspiré par le tube *d* et toujours expulsé par le tube *e*. Pour atténuer le caractère discontinu, saccadé et, par conséquent, inégal du courant d'air produit par ce système de cylindres oscillants, les tubes *d* et *e* sont mis en communication avec les flacons *H* et *H*₁ de 4000 c.c. chacun. Deux autres tubes qui mettent en communication ces flacons avec une série de flacons laveurs se rétrécissent au bout; ces flacons jouent donc le rôle de réservoirs, dont l'un (*H*) contient toujours de l'air raréfié, l'autre toujours de l'air comprimé. Grâce à cette disposition on a un courant d'air continu, seulement un peu accéléré à chaque immersion

des cylindres. De chacun de ces flacons part une série de flacons laveurs communiquant par l'autre bout avec la cloche, dont le support est traversé à cette fin par deux tubes des deux côtés opposés. En mettant en mouvement la turbine, nous obtenons de cette manière un courant d'air régulier et continu qui de dessous la cloche se dirige à travers les flacons laveurs (G) vers les cylindres oscillants, et de là retourne sous la cloche par un second système de flacons laveurs (G_1). Les flacons laveurs (de Münke et Drächsel) renferment dans l'ordre suivant de l'acide sulfurique pour absorber l'eau, de la potasse caustique en solution et en morceaux pour retenir l'acide carbonique, puis encore de l'acide sulfurique et, en dernier lieu, de la potasse caustique en morceaux pour absorber les petites quantités d'acide sulfurique entraînées par le courant d'air. A mesure que l'oxygène est absorbé par l'animal et l'acide carbonique retenu dans les flacons laveurs, de nouvelles quantités d'oxygène arrivent d'un spiromètre, après avoir passé par la potasse caustique et l'acide sulfurique. Dans les tubulures à la partie supérieure de la cloche sont fixés: un thermomètre (n), un manomètre (o) et un tube (p), à l'aide duquel on peut toujours prendre de dessous la cloche une portion d'air pour l'analyse. La pression sous la cloche était toujours maintenue égale à la pression atmosphérique et la t° de l'air extérieur au même degré, environ 16° C. On imprimait au courant d'air une vitesse de 50—70 litres par heure, la teneur en l'acide carbonique sous la cloche étant de 1 pour cent environ.

Le dispositif dont je me suis servi pour obtenir les courants alternatifs à haute tension et à haute fréquence était le suivant: le courant constant venant de la station centrale (de l'université) entrainait dans un rhéostat, d'où une partie du courant, d'une force de 10 ampères et d'une différence de potentiels aux bornes de la bobine égale à 30 volts, entrainait dans le circuit primaire d'une spirale de Ruhmkorff. Un alternateur du système Ducretet, actionné par quatre accumulateurs, donne jusqu'à 1200 alternances par minute. L'étincelle de la bobine secondaire a 25 ctm. de long. La disposition ultérieure des appareils est double. Dans une série d'expériences les bornes des circuits secondaires d'une spirale de Ruhmkorff sont mises en communication avec les armatures internes de deux jarres de Leyde de 50 ctms de haut sur 25 ctms en diamètre; un couple d'autres conducteurs va des mêmes armatures internes au déchargeur. Les armatures externes des jarres de Leyde sont mises en communication avec un solénoïde constitué de 7 tours d'un gros fil de cuivre entourant la cloche sous laquelle se trouve l'animal (dispositif de Lodge, d'Arsonval. Principes des recherches physico-chimiques, du prof. L. Morokhowetz, T. II, p. 330, en russe). Une petite lampe à incandescence de 10 volts et 1,8 ampères, placée entre les deux bouts d'un anneau de cuivre de 25 ctms de diamètre et portée sous la cloche, est allumée au blanc. Des tubes de Geissler se mettent à luire. Cela prouve l'existence dans l'intérieur de la cloche d'un champ électromagnétique alternatif dans la sphère d'action duquel se trouve le cobaye. Dans une autre série d'expériences, les bornes du circuit secondaire de la spirale de Ruhmkorff sont mises en communication l'une avec l'armature externe, l'autre avec l'armature interne d'une jarre de Leyde; à partir de là le courant est fermé par un transformateur constitué de 5 tours d'un gros

(0,4 ctm.) fil de cuivre bien isolé et à l'aide d'un déchargeur. A l'intérieur du transformateur se trouve une seconde spirale d'un fil de 15 mm. de diamètre formant 1000 circuits (dispositif d'Elster et Heitel. Principes des recherches physico-chimiques du prof. L. Morokhowetz, T. II, p. 329). L'une des électrodes de cette bobine secondaire était mise en communication directe avec le support métallique de la chambre à air qu'on avait isolée pour cette série d'expériences par de grosses plaques de verre. Le cobaye est placé non sur la toile de zinc elle-même, mais sur un rond épais en caoutchouc dont elle est recouverte. Quant à l'autre électrode de la spirale secondaire, communiquant avec une large plaque en aluminium, j'essayai d'abord de la placer au-dessus du cobaye dans l'intérieur de la cloche, ensuite au-dehors, afin que le cobaye se trouvât dans le champ électrique entre les deux électrodes. Mais l'inconvénient de cette disposition était qu'une pluie d'étincelles tombait de l'électrode supérieure sur l'animal, ce qui l'effrayait et l'incommodait. Lors même que je levais l'électrode supérieure libre à une assez grande hauteur (jusqu'à 40 ctm) au-dessus de la chambre, il suffisait que l'animal s'approchât de l'un des tubes métalliques servant à l'introduction et à l'élimination de l'air, pour en tirer immédiatement une étincelle. Après cela je me vis obligé de laisser libre le pôle supérieur de la spirale secondaire, mais comme il projetait, de cette manière, de tous les côtés des jets d'étincelles, qui sortaient même d'entre les spires du fil de la bobine, je le mis en communication avec la terre, en me servant d'une gouttière. Dans ce dispositif le tube de Geissler placé sous la cloche émettait également de la lumière.

J'avais fait en général plus de vingt expériences, divisées en trois catégories: 1. les échanges gazeux normaux; 2. les échanges gazeux chez l'animal plongé dans le solénoïde; 3. les échanges gazeux chez l'animal placé sur l'une des électrodes d'une spirale secondaire d'un transformateur. La plupart des expériences duraient six heures, quelques-unes dix heures.

La station de l'université ne fonctionnant que le soir, toutes mes expériences ont été faites la nuit, depuis 8 h-s du soir jusqu'à 2 h-s du matin—celles qui duraient 6 heures,—depuis 8 h-s du soir jusqu'à 6 h-s du matin—celles de 10 heures. Les données de chaque expérience ont été enregistrées. On notait exactement la t° à l'intérieur et à l'extérieur de la cloche, la pression barométrique, la composition de l'air sous la cloche au commencement et à la fin de l'expérience, le poids et la t° du cobaye etc...

Pour que les variations normales entre les expériences d'une même série fussent moindres, je soumettais les cobayes en expérience au même régime: tous les animaux recevaient une nourriture déterminée ¹⁾ et seulement depuis 8 h-s du soir jusqu'à 8 h-s du matin, de sorte que chaque cobaye avait jeûné 12—14 h-s avant l'expérience, ce qui fait que les variations normales en devenaient encore moins considérables. Les variations maximales de l'oxygène absorbé et de l'acide carbonique émis ne dépassaient pas en général 5 pour cent.

Je me permets de donner ici, comme spécimen, un procès-verbal de l'une de mes expériences, ne donnant des autres que les résultats définitifs.

¹⁾ 25 grs d'avoine, 60 grs de carottes, environ 5 c.c. d'eau.

Expérience du 2 février 1899.

Poids du cobaye avant l'expérience—647 grs, après l'expérience—640 grs.
 T° > > > > 39,1° C. > > 39° C.

L'expérience dura depuis 7 h-s 25 min. du soir jusqu'à 1 h-s 25 min. de la nuit. La t° sous la cloche était au commencement de 16,7° C., à la fin de 17° C.

ANALYSE DES GAZ.

*Sous la cloche.**Au spiromètre*

Au commencement:	A la fin:	
Oxygène.. 20,8 pour cent.	18,7 pour cent.....	94,6 pour cent.
Azote.... 79,2 pour cent.	80,0 pour cent.....	5,4 pour cent.
Ac. carbon. >	1,3 pour cent.....	>

Indications du spiromètre:

au début de l'expérience.. 26,075 c.c. à 16,5° C. et 756,8 de pression barom.
 à la fin > > 22,000 c.c. > 16,5° C. et 753,9 > >

Différence dans les indications du spiromètre réduites, ramenées à 0° et 760 de p. b. 24,485 — 20,579 = 3,906, dont

oxygène = 3694 c.c.

azote = 212 c.c.

Différence de poids des appareils servant à l'absorption de l'acide carbonique 6,480 grs l = 3294 c.c. l et eau = 3,420 grs.

Quantité générale d'oxygène sous la cloche à 0° et 760 de p. b. au début = 5099 c.c., à la fin = 4,539, différence = 560.

Quantité générale d'acide carbonique sous la cloche à la fin de l'expérience a 0° et 760 de p. b. = 388 c.c.

Résultats définitifs

Oxygène obsorbé par l'animal en 6 heures = 4254 c.c.

Acide carbonique émis > > 6 > = 3682 c.c.

Eau émise > > 6 > = 3,420 grs.

$$\frac{CO_2}{O} = 0,86$$

Les expériences variant très peu les unes des autres, je donne les résultats de quelques-unes seulement.

1. *Echanges gazeux normaux.*

Quantité de O absorbé absolue	par kilo-heure	Quantité de CO ₂ émis absolue	par kilo-heure	Quantité d'eau émise par kilo-heure	$\frac{CO_2}{O}$
4396	1088	3680	911	0,889	0,83
4399	1094	3605	897	0,903	0,80
4254	1016	3682	879	0,816	0,86
4539	1126	3569	885	0,944	0,78

2. *Echanges gazeux chez le cobaye plongé dans le solénoïde.*

4817	1198	3809	946	0,925	0,78
4344	1076	4196	1039	0,876	0,96
4455	1028	3557	821	0,829	0,79
4293	1008	3426	804	0,837	0,79

3. *Echanges gazeux chez le cobaye placé sur l'une des électrodes de la spirale secondaire du transformateur.*

4011	1139	3253	924	0,877	0,81
4013	1153	3416	981	1,120	0,85
3988	1027	3236	834	0,768	0,81
4204	977	3331	774	0,814	0,79

Il s'ensuit qu'un cobaye soumis durant 7—10 heures à l'action de courants de haute tension et de grande fréquence, soit dans l'intérieur d'un solénoïde, soit en touchant une des électrodes de la spirale secondaire d'un transformateur, absorbe 5 pour cent moins d'oxygène et émet 3 pour cent moins d'acide carbonique et 0,9 pour cent moins d'eau que dans les conditions normales.

Mais ce sont là des différences qui ne dépassent pas des variations normales; j'en conclus donc, en me fondant sur mes expériences, que les courants alternatifs à haute tension et à grande fréquence n'exercent pas d'influence sensible sur les échanges gazeux.