

LE CHAMP ÉLECTRIQUE DE L'ŒIL EN ÉLECTROENCEPHALOGRAPHIE

ZANG Z. ZAO *

Nous nous proposons d'examiner quelles conclusions pratiques et théoriques on peut tirer de l'étude des artéfacts oculaires recueillis sur l'électro-encephalogramme, et de l'enregistrement systématique des perturbations électriques créés sur le scalp et sur la face par les déplacements du globe oculaire.

Nous avons limité cette étude aux mouvements de fermeture et d'ouverture des yeux et au clignement, laissant de côté pour une étude ultérieure les mouvements de latéralité et le nystagmus.

HISTORIQUE ET INTRODUCTION

Dubois Reymond (1849) montra le premier que l'on pouvait, à l'aide d'un galvanomètre, mettre en évidence l'existence d'une différence de potentiel entre deux électrodes placées respectivement sur la rétine et la cornée. C'est là le "potentiel de repos" et sa polarité est telle que la rétine apparaît relativement électro-négative. D'autres chercheurs (Holmgren, Hermann, Kuhne et Steiner, Frölich) montrèrent qu'une différence de potentiel pouvait être recueillie entre la rétine et un point quelconque de l'œil, la plus grande différence de potentiel restant cependant celle qui existe entre la rétine et le pôle cornéen.

Quand à l'origine de ces potentiels, elle a été envisagée dans de nombreux travaux, parmi lesquels nous citerons ceux de Kühne et Steiner, qui attribuent aux cellules ganglionnaires et aux fibres rétinienne l'origine

Mémoire présentée pour obtenir le titre d'assistant étranger à la Faculté de Médecine de Paris.

* Assistente do Instituto Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, Brasil.

Remerciements — Je remercie a Mr. le Professeur Th. Alajouanine l'hospitalité qu'il a bien voulu nous accorder dans son Service et qui nous a permis d'entreprendre ce travail; au Docteur Antoine Rémond, qui nous a proposé le sujet de cette étude et n'a cessé de nous encourager de ses suggestions et de son amical intérêt; au Docteur Lecasble qui nous a aidé de ses avis et de ses critiques dans la rédaction du travail et à Mademoiselle Gondet qui nous a prêté son concours pour les illustrations et les photographies.

de l'électricité négative de l'œil. Waller, Nagel et al. confirmèrent le siège rétinien de ce potentiel électro-négatif. Lehmann et Mussmann, suggèrent qu'une partie au moins de ces potentiels oculaires dérive de la différence de potentiel existant entre l'humeur aqueuse et le sang, c'est à dire du potentiel d'ionisation de Donnan.

Ainsi se trouvent opposées les deux théories principales relatives à l'électricité oculaire. Avec le temps, c'est la première qui a trouvé le plus de confirmation et rallié la majorité des opinions. Signalons que c'est au cours de cette discussion que Kohlrausch a montré que c'est de la rétine que proviennent les potentiels évoqués en réponse aux éclairs lumineux.

L'objet de notre travail est l'étude des modifications de potentiel en rapport avec les mouvements des globes oculaires, autrement dit, résultant du déplacement dans l'espace de la charge oculaire. Admettant le principe que c'est la rétine qui est à l'origine de la charge oculaire négative, notre étude sera celle de la déformation transitoire du champ électrique créée par le déplacement de la rétine lors des mouvements d'ouverture et de fermeture des yeux. Ce champ électrique doit être étudié sous divers aspects: amplitude et morphologie des grapho-éléments enregistrés dans les tracés et leurs relations de phase, aspects des gradients de potentiel et des champs électriques.

METHODE ET RESULTATS

Les données que nous avons utilisées ont été recueillies à l'aide d'un électroencéphalographe à inscription à encre: dans une première partie nous avons étudié quelle était la répartition et les caractères de l'artéfact oculaire sur l'électroencéphalogramme; dans les parties suivantes nous avons essayé de préciser la répartition des champs électriques créés par les mouvements oculaires sur la face et sur le scalp.

1. *Distribution des artéfacts oculaires sur l'électroencéphalogramme.*

— Cent tracés électroencéphalographiques ont été pris au hasard parmi les enregistrements faits au laboratoire de la Salpêtrière. Ces enregistrements ont été faits suivant la méthode bipolaire jumelée, avec la disposition à 20 électrodes utilisée dans ce laboratoire pour les examens standart. Dans cette disposition la distance interélectrode est approximativement de 5 cm. Pour chaque cas étudié on a fait au moins 2 montages longitudinaux et 3 montages transverses. L'ensemble des 36 dérivations ainsi étudiées est représenté sur la figure 1.

Il ressort de ces chiffres: 1 — que les artéfacts oculaires s'enregistrent avant tout sur la région frontale (100% des tracés étudiés); 2 — que ce pourcentage diminue progressivement lorsque l'on se rapproche de la région occipitale, et nous n'avons jamais constaté la présence d'un artéfact d'origine oculaire sur la région occipitale; 3 — qu'il existe une asymétrie certaine entre les pourcentages du côté droit et ceux du côté

gauche. Nous n'avons pas cherché d'une façon précise la cause de ce phénomène; signalons cependant que les tracés qui ont fourni les chiffres de cette statistique ont été exécutés dans une pièce où l'expérimentateur se trouvait du côté gauche des sujets.

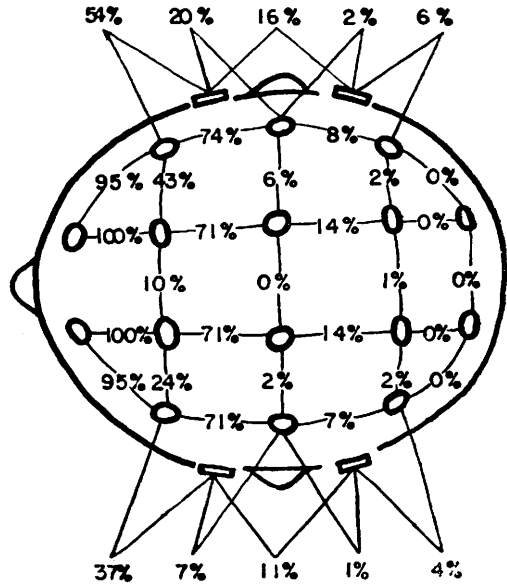


Fig. 1 — Pourcentage d'apparition des artefacts oculaires sur 36 dérivations standard à courte distance interélectrode, au cours de 100 tracés différents.

Le temps que met l'onde enregistrée dans les mouvements des yeux à parvenir à son amplitude maxima a été calculé sur 5 tracés. La figure 2

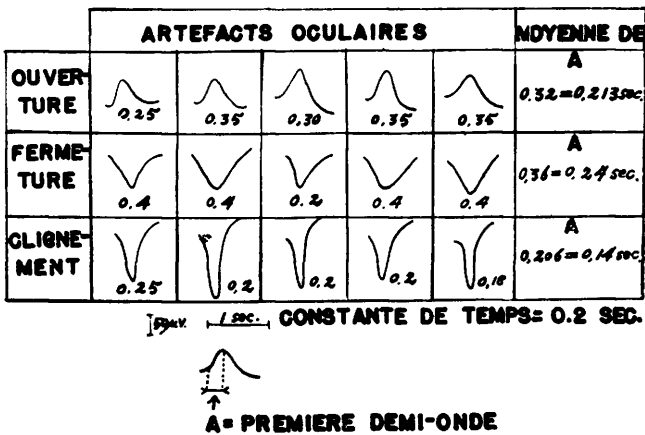


Fig. 2 — Durée A de la première demi-onde de l'artéfact oculaire au cours de l'ouverture, de la fermeture, et du clignement des paupières.

représente ces résultats sous forme d'un tableau où l'on a représenté les valeurs de cette "première demi-onde" pour chaque cas étudié, lors de la fermeture des yeux, de l'ouverture, et de la phase de fermeture du clignement.

Il ressort de ce tableau que, lors du clignement, le voltage maximum est atteint beaucoup plus rapidement que dans le cas de l'ouverture ou la fermeture simple des yeux. Cette différence est environ de 1/10 de seconde, ce qui fait une variation de durée du simple au double.

2. *Enregistrement des artéfacts oculaires sur la face* — Pour établir les courbes des variations de potentiel et du champ électrique de la face résultant des mouvements des yeux, nous avons utilisé la technique suivante:

Des lignes horizontales et verticales distantes de 2 cm ont été menées sur la face, jusqu'à la ligne médiane en dedans, la limite des cheveux en haut, le menton et l'arc maxillaire en bas, l'oreille en dehors; aux points de croisement de ces lignes, une tache d'encre nous a servi à indiquer l'emplacement des électrodes; 43 points ont été ainsi définis (fig. 3). Chacun de ces points a été relié successivement à l'électrode de référence commune occipitale qui restait fixe pendant tous les enregistrements (nous avons dit plus haut comment, pour des raisons statistiques, nous avons choisi l'occiput comme référence indifférente aux potentiels d'origine oculaire).

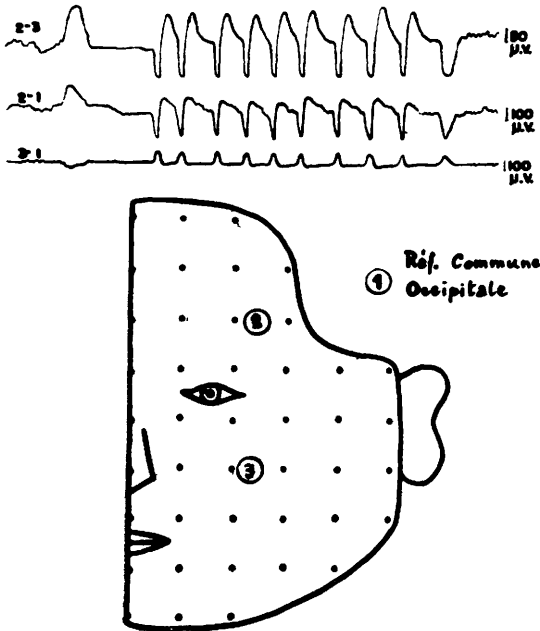


Fig. 3 -- Disposition de 43 électrodes sur une hémiface pour l'étude monopolaire (référence occipitale stationnaire) des artéfacts oculaires. Chacune des électrodes faciales comme 2 et 3, se trouve raccordée à l'entrée négative d'un amplificateur, l'entrée positive étant mise en rapport avec la référence occipitale. La partie supérieure de la figure montre l'aspect EEG d'une série de clignements d'yeux dans différentes derivations. La première de celles-ci, bipolaire, n'est utilisée que comme contrôle de grande amplitude et ne fait l'objet d'aucune mensuration.

Les deux électrodes enregistrées sont reliées à l'appareil de façon à reproduire sur le tracé l'aspect habituel de l'artéfact oculaire en électro-encéphalographie clinique en ce qui concerne sa polarité; pour cela, nous avons relié l'électrode faciale au pôle négatif de l'amplificateur et l'occipitale au pôle positif. L'électrode occipitale est placée à 3 cm au dessus et en dehors de l'union, du même côté que l'électrode faciale. Pour contrôler nos tracés, une dérivation complémentaire enregistre, avec une amplitude constante et élevée, la perturbation oculaire entre deux électrodes placées au-dessus et au-dessous de l'orbite (2 et 3). L'étalonnage de l'appareil a été établi, pour toutes les mesures, de telle sorte que 1 cm sur le tracé corresponde à 50 microvolts. La constante de temps utilisée

80	87	85			
110	122	107	55		
160	147	137	60		
197	167	155	80	60	35
40	55	57	52	50	42
55	50	45	52	42	37
57	57	50	50	42	32
40	42	37	32	32	
40	42	35			

FERMETURE

70	85	77			
65	102	90	57		
150	137	120	72		
197	160	147	97	50	35
47	52	52	57	42	40
60	62	57	55	32	42
55	60	52	45	42	32
50	52	45	35	32	
40	42	37			

OUVERTURE

100	122	100			
150	132	142	90		
207	165	195	110		
237	207	225	120	27	22
60	67	80	75	32	35
72	65	72	70	45	37
67	52	62	57	40	32
50	37	52	45	32	
27	27	45			

**FERMETURE
(CLIGNEMENT)**

50	60	40			
62	75	70	37		
80	85	80	42		
100	87	75	80	32	22
45	50	32	27	20	18
35	37	32	25	20	15
30	32	25	27	20	15
22	27	20	18	18	
20	25	20			

**OUVERTURE
(CLIGNEMENT)**

Fig. 4 — Tableau donnant la valeur absolue moyenne en microvolts des potentiels recueillis au niveau des 43 points choisis sur une hémiface, lors de la fermeture et de l'ouverture simple des yeux, et lors des phases d'ouverture et de fermeture du clignement.

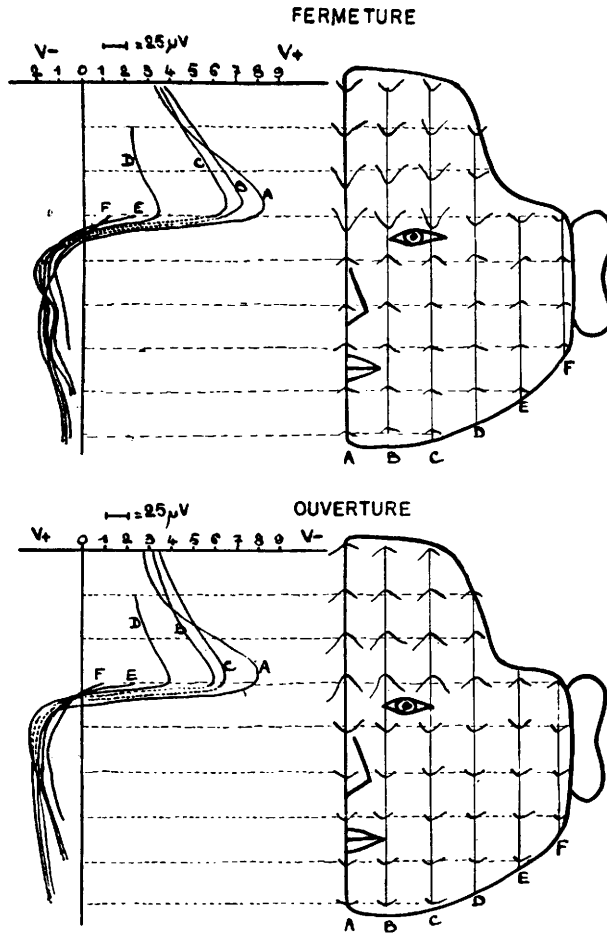


Fig. 5 — Gradients de potentiel obtenus le long de lignes verticales A, B, C, D, E, F, de 2 en 2 cm sur une hémiface, et représentant l'amplitude locale maximale de l'artéfact de fermeture des yeux. On remarquera la positivité de la partie sus-oculaire de la courbe, sa négativité sous-oculaire, l'existence de 2 maxima juxta-oculaires, l'un positif, l'autre négatif.

Fig. 6 — Mêmes gradients que figure 5, mais représentant l'amplitude de l'artéfact d'ouverture des yeux. La similitude des deux figures est frappante mis à part la très importante différence que constitue l'inversion de signe du potentiel (voir l'axe des abscisses).

était de 0,3 seconde; la vitesse de déroulement du papier de 15 mm par seconde.

À partir de ces données techniques, nous avons enregistré, chez un sujet bien éduqué, les artéfacts produits par l'ouverture, la fermeture des yeux et le clignement.

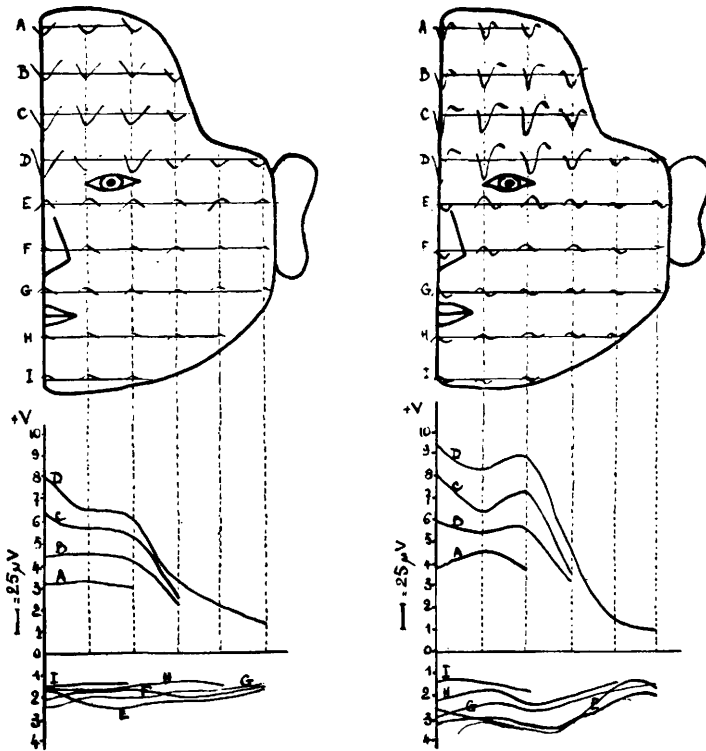
Lorsque tous les points de la face définis plus haut ont été ainsi explorés, nous avons construit une carte mettant en évidence, pour chacun de ces points, les variations de forme, de voltage, et les relations de phase, des oculogrammes enregistrés. Ces figures montrent la morphologie de ces oculogrammes recueillis sur la face lors des mouvements oculaires. Elles ont été dressées de la façon suivante: nous avons calculé la valeur moyenne (fig. 4) d'un certain nombre d'artéfacts bien formés. Cette valeur obtenue, un artéfact de voltage égal a été choisi sur le tracé, décalqué et reproduit sur la carte au point correspondant. On peut donc considérer ces dessins comme la réplique exacte du tracé lui-même, tant dans la morphologie des ondes que dans leur amplitude et leur phasage.

Ces premières figures obtenues, nous avons tracé des courbes montrant les gradients de potentiel et leurs modifications suivant des axes verticaux et horizontaux et les avons juxtaposées aux cartes.

Les courbes de gradients verticaux représentent l'évolution de la différence de potentiel facio-occipitale de part et d'autre de l'œil (fig. 5 et 6). Sur ces figures, le voltage est en abscisse et, en ordonnées, les distances mesurées entre l'œil et le point enregistré. L'axe des ordonnées est parallèle à la ligne médiane de la face. Chacune des courbes obtenues représente le gradient le long de la ligne verticale portée sur le schéma de la face et désignée par la lettre correspondante; les lignes pointillées unissant les courbes à la carte situent les points remarquables étudiés depuis la racine des cheveux jusqu'au menton. Les courbes ont été établies à partir des valeurs moyennes de voltage telles qu'elles sont figurées plus haut (fig. 4).

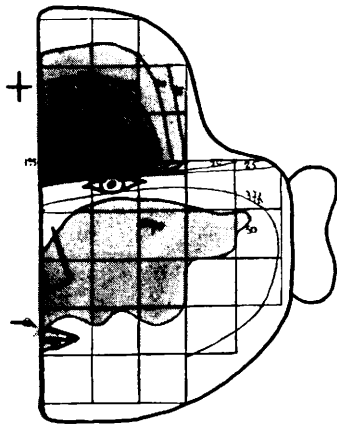
Les gradients horizontaux ont été dressés exactement sur les mêmes principes (fig. 7 et 8).

Les figures 9 à 12 sont des cartes de l'hémiface gauche développée, en projection plane, sur lesquelles ont été tracées les lignes équipotentielles du champ électrique dans l'ouverture, la fermeture des yeux et le clignement. Nous les avons obtenues en reportant sur chaque point étudié la valeur moyenne de la différence de potentiel en ce point, et en unissant par une ligne tous les points de même valeur. Sur chacune de ces lignes, la valeur de la différence de potentiel est inscrite en microvolts. Les

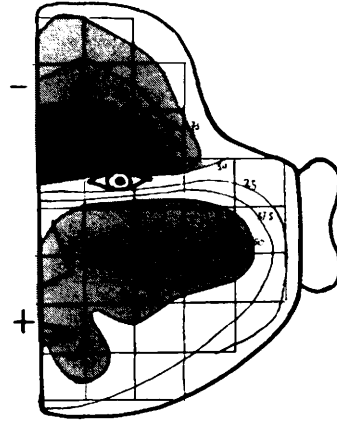


Figs. 7 et 8 — Gradients de potentiel le long de lignes horizontales lors de la fermeture simple des yeux (fig. 7 à gauche) et lors de la première phase (fermeture) du clignement des yeux (fig. 8 à droite). On remarquera la plus grande importance de potentiels mis en jeu dans le deuxième cas, ainsi que l'existence de courbes avec un maximum latéral sus-oculaire bilatéral (fig. 7).

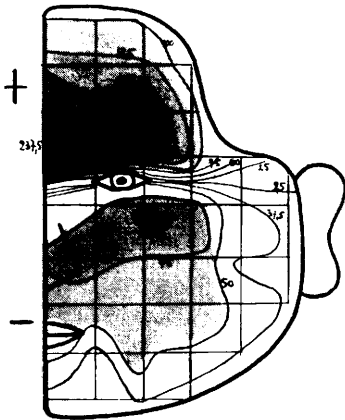
surfaces définies par ces lignes ont été ombrées avec une intensité variable proportionnelle à la valeur de la différence de potentiel. Ces cartes permettent d'avoir une idée immédiate de l'intensité et de la distribution de l'artéfact oculaire (de même que de sa polarité). Sur la figure 9, qui représente la distorsion passagère du champ électrique à la fermeture des yeux, on voit qu'il existe au-dessus de l'œil et au voisinage de la ligne médiane une petite surface, relativement électro-positive, où la différence de potentiel enregistré est maxima (195 microvolts) et à partir de laquelle le voltage décroît progressivement lorsqu'on s'éloigne vers la périphérie. Au-dessous et un peu en dehors de l'œil, une zone étroite est de même



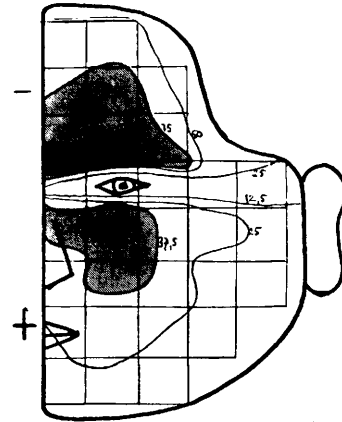
FERMETURE



OUVERTURE



CLIGNEMENT FERMETURE



CLIGNEMENT OUVERTURE

Figs. 9, 10, 11 et 12 — Les quatre aspects différents du champ de potentiel provoqué sur la face par les différents mouvements de fermeture, d'ouverture et des clignements (1ère. et 2ème. phase). De part et d'autre d'une ligne statoélectrique relativement constante sont dessinées les différents lignes équipotentielles correspondant à chacun des pôles positifs et négatifs du dipole oculaire passager. Remarquer: 1 — l'inversion de signe des pôles suivant les mouvements d'ouverture ou de fermeture; 2 — la plus grand intensité dans tous les cas du pôle frontal; 3 — l'importance du potentiel provoqué au bout du nez et à la pointe du menton, deux situations souvent choisies comme lieu d'élection pour l'électrode de référence indifférente en EEG clinique.

délimitée, à partir de laquelle les potentiels sont de valeurs décroissantes quand on s'éloigne vers la périphérie. On remarquera que les voltages les plus élevés en valeur absolue se trouvent au-dessus de l'œil, qu'il existe de part et d'autre d'une ligne horizontale passant par l'œil une inversion de la polarité des accidents enregistrés — positifs au-dessus et négatifs au-dessous — inafectée par les mouvements des yeux.

La figure 10, ouverture des yeux, présente les mêmes caractères que la précédente: voltages plus importants au-dessus qu'au-dessous de l'œil; voltage décroissant du centre vers la périphérie; inversion de la polarité de part et d'autre de l'œil. La seule différence avec les cas précédents est dans le signe de la perturbation: on enregistre en effet des phénomènes négatifs au-dessus de l'œil et positifs au-dessous.

Les figures 11 et 12 représentant la distorsion du champ électrique de la face dans les deux phases du clignement (fermeture et ouverture de l'œil) ont, en gros, le même aspect que les figures 9 et 10. Les seules différences à noter sont que: lors de la phase de fermeture des yeux dans le clignement, les voltages, en des points comparables, sont beaucoup plus élevés que dans le cas de fermeture simple des yeux; dans la phase d'ouverture, au contraire, les voltages sont beaucoup plus faibles que dans l'ouverture simple.

3. *Enregistrement des artéfacts oculaires sur la moitié antérieure du scalp* — Notre étude des perturbations apportées sur le scalp par les mouvements des yeux s'est bornée à la moitié antérieure, depuis la racine des cheveux en avant jusqu'à la ligne bi-auriculaire en arrière, étant donné que notre précédente étude statistique nous avait montré que c'est dans cette région du crâne que l'artéfact oculaire était le plus important et le plus souvent présent.

Nous avons enregistré 19 électrodes disposées sur la moitié gauche de la surface ainsi délimitée, par rapport à la même référence occipitale que nous avons utilisée pour la face. Les distances entre deux électrodes sont de 3 cm sur des axes antéro-postérieurs, et de 3,5 cm sur des axes transversaux. L'étalonnage de l'appareil était le même que pour l'étude précédente: amplitude de 1 cm pour 50 microvolts, constante de temps 0,3 seconde. A partir des tracés obtenus, nous avons, comme pour la face, tracé des courbes illustrant la morphologie et l'amplitude des artéfacts, les relations de phase et les gradients de potentiel, et des cartes du champ électrique de chaque mouvement oculaire (figs. 13, 14 et 15). Il n'existe pas de renversement de polarité, et pour un mouvement oculaire déterminé on enregistre des décharges de même polarité sur toute la surface du scalp.

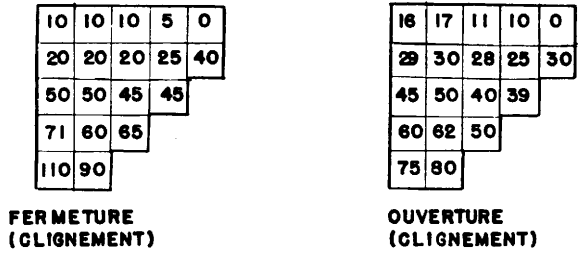


Fig. 13 — Tableau donnant les valeurs absolues moyennes en microvolts des potentiels initiés au niveau de 19 électrodes distribuées également sur la moitié antérieure du scalp d'un hémicrâne lors de la fermeture et de l'ouverture simples des yeux et les phases d'ouverture et de fermeture du clignement.

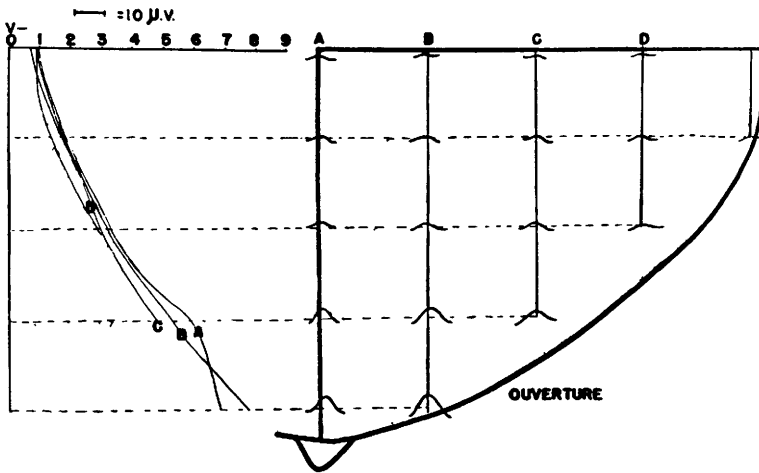
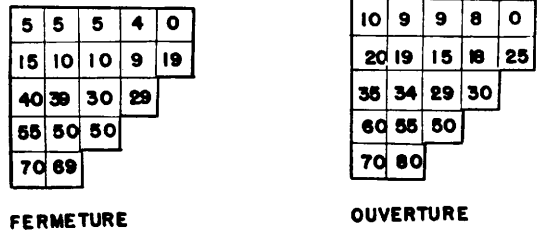


Fig. 14 — Gradients de potentiels longitudinaux obtenus sur la moitié antérieure du scalp, le long de lignes antéro-postérieures B, C, D, E, parallèles à la ligne médiane A, dans le cas de l'ouverture simple des yeux.

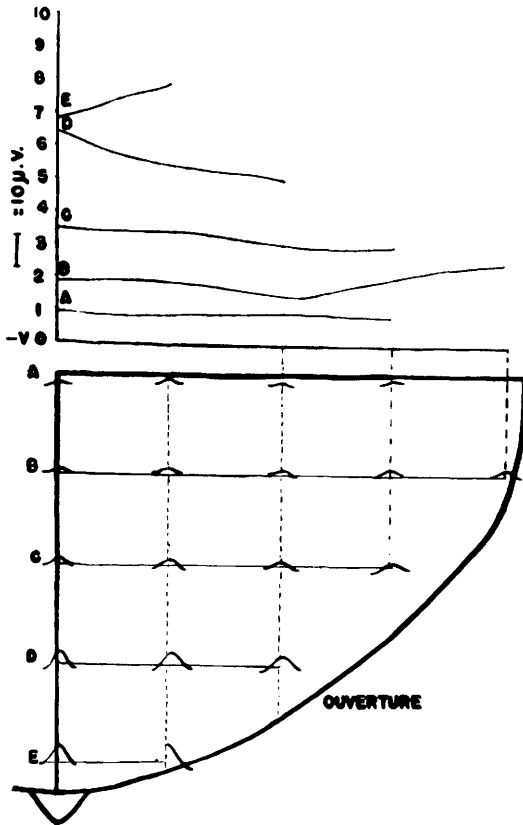


Fig. 15 — Gradients de potentiels transversaux obtenus dans les mêmes conditions que ceux de la figure 14.

SYNTHESE DES RESULTATS

L'étude que nous venons de résumer permet un certain nombre de conclusions:

1 — La perturbation électrique résultant d'un mouvement de verticalité des yeux tel que ceux provoqués par l'ouverture, la fermeture ou le clignement des paupières, s'étend très largement; on la recueille sur la totalité de la face et au delà du menton vers le bas, sur les trois quarts antérieurs du scalp, venant mourir sur la région occipitale vers le haut.

2 — Quelque soit le mouvement envisagé — ouverture, fermeture, clignement — la perturbation électrique présente deux polarités différentes simultanées. Les régions de même signe divisent la surface précédente en deux zones. La ligne de démarcation entre ces deux zones sur la face est, dans l'ensemble, une horizontale passant par l'axe des deux regards. La zone supérieure ou sus-oculaire comprend le front et les trois quarts

antérieurs du scalp; la zone inférieure ou sous-oculaire comprend la partie sous-oculaire de la face et s'étend jusqu'au cou.

3 — La polarité des deux zones sus et sous-oculaires est telle que: a) La première est négative, la seconde positive, lors de l'ouverture simple des yeux, et lors de la deuxième phase, ou phase d'ouverture, du clignement; b) La première est positive, la seconde négative, lors de la fermeture des yeux et lors de la première phase du clignement.

4 — La valeur du potentiel dans chacune des zones lors de l'un quelconque des cas étudiés est loin d'être également répartie: Il existe dans chaque cas et pour chaque zone une région maximale de potentiel; pour chaque zone et d'une façon générale, la maximum est proche de l'œil et les minima à distance. La région maximale sus-orbitaire est une étroite bande interoculaire située immédiatement au-dessus des yeux. L'apex de cette zone maximale est situé sur la ligne médiane, immédiatement au-dessus du nasion. La région maximale sous-orbitaire est moins bien définie et plus largement répartie sur les régions jugales; elle présente deux apex, un sur chaque hémiface, dont la position extéro-interne varie légèrement suivant le cas considéré. La valeur absolue maximale du potentiel est, dans tous les cas, plus grande dans la zone sus-oculaire que dans la zone sous-oculaire. Le maximum sus-oculaire vaut 2 à 3 fois le maximum sous-oculaire. L'ordre dans lequel s'établissent les valeurs des maxima des différents cas dans l'échelle des potentiels est le même dans les deux zones. La perturbation maximale est recontrée dans la première phase du clignement (phase de fermeture), elle vaut environ +240 et -80. Elle est à peu près équivalente dans le cas de l'ouverture simple (+200 et -60) or celui de la fermeture simple des deux yeux (-200 et +60). La perturbation maximale la plus faible (-100 et +50) est celle de la deuxième phase du clignement (phase d'ouverture).

5 — La ligne de démarcation des deux zones de polarité inverse, ou "ligne stato-électrique" n'est le siège d'aucune modification de potentiel lors des mouvements — d'ouverture, de fermeture et de clignement — des yeux. Son utilisation comme lieu d'élection d'une électrode de référence pour l'étude de ces mouvements est discutable néanmoins, car sa position est très critique et ne saurait s'envisager avec commodité dans les parties inter-oculaire ou immédiatement extra-oculaire de cette ligne.

6 — Considérant les gradients verticaux que nous avons obtenus, on reconnaît dans chaque cas une courbe continue à 2 maxima, l'un positif, l'autre négatif. Les deux parties extrêmes de ces courbes sont asymptotes à une valeur intermédiaire aux deux maxima, valeur qui est d'ailleurs rencontrée par la partie de gradient s'étendant entre ceux-ci. On reconnaît ainsi dans ces figures de gradient celles produites par un dipole d'orientation verticale grossièrement parallèle à l'axe des distances, c'est à dire à la face.

7 — Considérant les gradients horizontaux, on remarque que chacun d'eux n'a jamais qu'une seule polarité. D'autre part et suivant le niveau auquel on les considère, ils ont soit un seul maximum, situé sur la ligne médiane, soit deux maxima, chacun d'eux étant situé sur la ligne médiane. Dans chacun de ces cas il est facile d'identifier les courbes avec celles qui produirait à plus ou moins grande distance soit un unipole double, soit un dipole double dont les deux unités, relativement parallèles entre elles, seraient perpendiculaires à l'axe des distances du gradient et donc verticales (fig. 16).

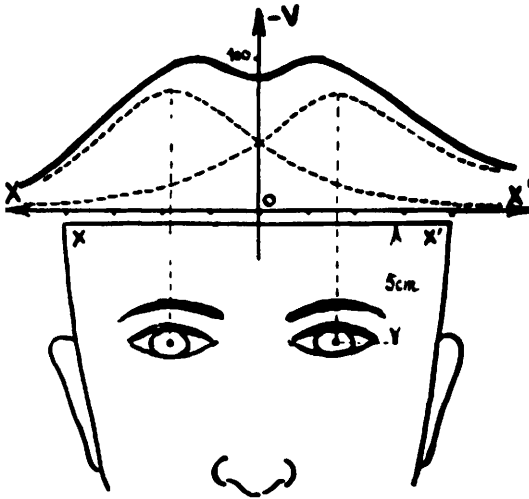


Fig. 16 — Gradients de potentiels le long d'une ligne horizontale traversant la région frontale à 5 cm des yeux et montrant dans le cas de l'ouverture des yeux les deux maxima de ce gradient. En pointillé sont représentés les deux gradients simultanés probables de chacun des deux yeux, dont la sommation spatiale fournit la courbe enregistrée (Rémond).

8 — Dans la genèse de la modification du champ électrique que nous considérons, tout se passe donc approximativement comme si chacun des mouvements d'yeux donnait naissance à deux dipôles à peu près verticaux, de même sens, et également parallèles à la face. La situation virtuelle de chacun des quatre pôles et leur profondeur peut être en pareil cas déduite de la distribution des valeurs de potentiel, grâce à des formules classiques. L'écart entre la situation virtuelle calculable et la situation réelle des pôles dépend de l'importance des diffractions et distorsions du champ électrique dues à l'hétérogénéité diélectrique des milieux traversés. Ce sont probablement ces derniers éléments qui sont responsables du fait que dans tous les cas considérés, la valeur des maxima sous-oculaires est notablement moins élevée que celle des maxima sus-oculaires.

9 — Si l'on compare les résultats de cette étude avec les données classiques de physiologie et d'électrophysiologie oculaire selon lesquelles: a) la rétine est le siège d'une charge négative importante; b) le globe oculaire effectue une rotation autour d'un axe horizontal ou presque lors des mouvements d'ouverture, de fermeture et de clignement de telle sorte

que la rétine se déplace dans le même sens que la paupière au cours de chacun de ces mouvements;

on peut faire les hypothèses suivantes pour rendre compte des dipôles transitoires:

a — Le globe oculaire étant au repos, paupières ouvertes, la charge rétinienne négative est masquée par un ensemble de charges positives provenant de la diffusion centripète d'ions positifs, la valeur des quantités d'électricité étant égale de part et d'autre.

b — Quand la rétine se déplace, par exemple vers le bas, dans le cas de la fermeture des yeux, la charge négative qu'elle porte, mobilisée, atteint une région qui antérieurement était en équilibre électrique. L'excès local ainsi constitué des charges négatives sur les charges positives donne lieu à un pôle négatif. Par contre la région quittée par la rétine et qui était un équilibre électrique, perdant une partie de ses charges négatives, présente un excès de charges positives et devient donc un pôle positif.

c — Le globe oculaire restant immobile, l'équilibre tend à se reformer: des charges positives par diffusion centripète viennent masquer la charge rétinienne et le pôle positif sus-jacent s'efface par un double transport de charges négatives centripètes et positives centrifuges.

d — Lors d'un mouvement inverse successif dans le cas particulier — mouvement d'ouverture — des phénomènes identiques se déroulent, mais en sens inverse.

e — La constitution d'un équilibre n'est pas sans prendre un certain temps et c'est probablement la raison pour laquelle la seconde phase du clignement (ouverture) donne lieu à des potentiels notablement moins élevés que l'ouverture simple: le pôle négatif inférieur et le pôle positif supérieur provoqués par la fermeture des yeux (première phase du clignement), ne sont pas encore totalement masqués ou dissipés quand le globe reprend sa position initiale. La charge rétinienne retrouve une partie des charges positives qui la masquaient dans sa position habituelle et donne lieu, par conséquent, à un pôle négatif moins intense; par contre, les quantités de charges positives nécessitées pour son masquage dans son excursion inférieure n'avaient pas eu le temps d'être totalement constituées, ce pôle positif est donc également moins intense que lors de l'ouverture simple. Cette inertie au déplacement des charges positives peut également être utilisée pour expliquer que dans la première phase du clignement la valeur des deux pôles positif et négatif est plus grande si l'on fait l'hypothèse que dans ce cas le mouvement de rotation du globe est plus rapide, ce qui semble pouvoir être déduit de la comparaison de la durée de la première demi-onde de l'artéfact dans chaque cas (voir plus haut), car l'amortissement de la variation de potentiel par la diffusion des charges n'a pas le temps de jouer avec la même intensité que dans le cas du mouvement de fermeture simple.

CONCLUSIONS

Nous avons résumé dans ce travail l'étude d'un cas apparemment simple de génération d'un champ de potentiel par une source naturelle placée à l'intérieur de la tête — le globe oculaire — comme exemple devant servir à la compréhension de la genèse des modifications du champ de potentiel sur le scalp en électroencéphalographie. Il arrive rarement que nous puissions rattacher les anomalies pathologiques de comportement du champ électrique normal qui font l'objet de notre soucis constant, à un lieu d'origine dans l'espace intra-cranien. Aussi les conclusions de nos déductions manquent-elles souvent de l'appui d'une comparaison à un cas plus simple ou en tous cas plus tangible, tel que celui que nous venons de considérer. Le générateur oculaire qui, par les déplacements de la rétine, fournit l'exemple d'un dipôle enfoui, est donc précieux parce que parfaitement naturel et reproductible.

BIBLIOGRAPHIE

1. Brazier, M. A. — A study of the electrical fields. Rapports au 2ème. Congrès Intern. d'Electroencephalographie. L'Expansion Scientifique Française ed., 1951.
2. Du Boys Reymond — Untersuchungen uber türische Elektrizität, 2, 1, 256, 1849.
3. Gibbs a. Gibbs — Atlas of Electroencephalography, vol. 1, 1950.
4. Hermann — Handbuch der Psychologie, 1877.
5. Helmholtz, H. V. — Zeitschrift für Psychol. u. Physiol. der Sinus Organe. Wissenschaftl. Abhandlungen. Johannes Barth, Leipzig, 1882.
6. Kohlrausch — Elektrische Erscheinung Auge. In Handbuch Norm. u. Pathol. Physiologie. von Bethe, Bergmann, Embden u. Ellinger, vol. XII, 2ème. partie.
7. Monnier, M. et Hufschmidt, H. J. L'électro-oculographie (EOG) et l'électro-nystagmographie (ENG) chez l'homme. C. R. Soc. Suisse de Physiol. et de Pharmacol., Helv. Physiol., Acta 8, c. 30 — c. 32, 1950.
8. Remond, A. — L'EEG en fonction de l'espace et du temps. Chapitre dans Cours Technique d'Electroencéphalographie. Tirage limité de la Société d'EEG de Langue Française, 1951.
9. Remond, A. et Delarue, R. — Les électrodes dites tripodes et leur mode de fixation. Révue Neurol., 80:629-631, 1948.
10. Westerbund, A. — Skand. Arch. Physiol., Berlin u. Leipzig, 1912.