



HAL
open science

**EEG trois lettres pour percer les mystères du cerveau
Antoine Rémond, de l'origine aux nappes
spatio-temporelles**

Céline Cherici, Jean-Gaël Barbara

► **To cite this version:**

Céline Cherici, Jean-Gaël Barbara. EEG trois lettres pour percer les mystères du cerveau Antoine Rémond, de l'origine aux nappes spatio-temporelles. La revue pour l'histoire du CNRS, 2007. halshs-03091259

HAL Id: halshs-03091259

<https://shs.hal.science/halshs-03091259>

Submitted on 30 Dec 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



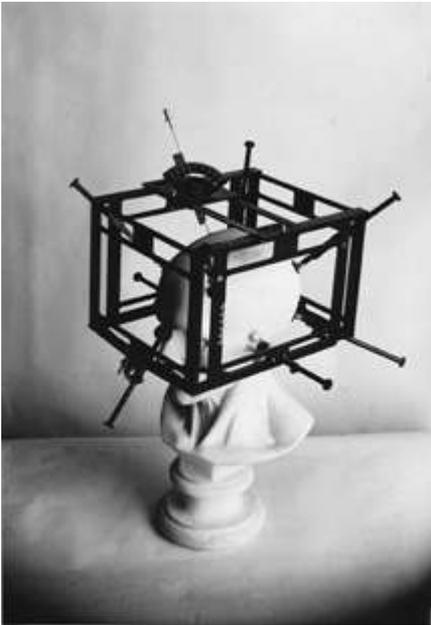
C. Chérici, Barbara J.G., 2007, « EEG, trois lettres pour percer les mystères du cerveau », La revue pour l'Histoire du CNRS, 19, 21-25. (ISSN électronique 1955-2408)

EEG trois lettres pour percer les mystères du cerveau

Antoine Rémond, de l'origine aux nappes spatio-temporelles

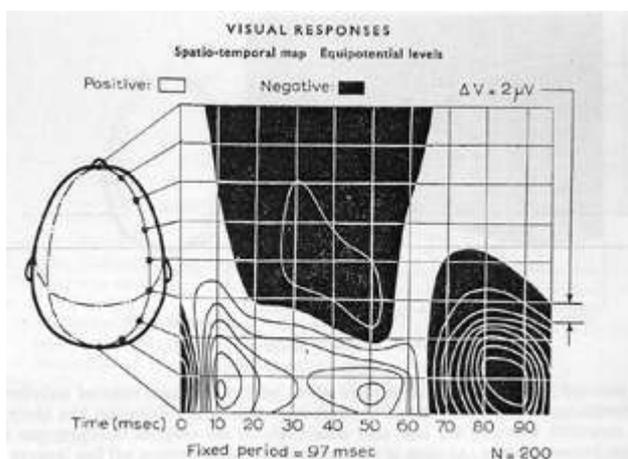
Céline Chérici et Jean-Gaël Barbara

- 1 Antoine Rémond a créé à partir de 1948 un laboratoire CNRS d'électroencéphalographie fondamentale et appliquée à la clinique et en a fait l'un des centres internationaux les plus importants de développement de cette technologie avec l'optique de réaliser un jour une imagerie fonctionnelle des activités cérébrales. Parmi les rencontres qui ont marqué Antoine Rémond, on peut citer celle avec Franck Offner, concepteur d'instruments EEG¹ utilisés en clinique et en électrophysiologie, avec qui il publie ses premières études topographiques² des phénomènes électriques du cerveau. Si les voies technologiques mises au point ont fait l'objet de critiques de la part du CNRS, elles ont largement trouvé leurs applications dans le champ de la neurologie clinique et ont permis la naissance d'une école d'imagerie fonctionnelle très vivante actuellement à la Pitié-Salpêtrière³.



Appareil de stéréotaxie du début des années 1950. D. R.

- 2 Antoine Rémond est né en Argentine en 1917 dans un milieu familial scientifique. Alors qu'il passe son baccalauréat, ses parents lui suggèrent de « faire sa médecine » ; il est alors fasciné par l'étude des ondes cérébrales qui alimente alors la presse. Lors d'une discussion, son père, chimiste, se souvient d'un oncle chef d'un service hospitalier à Paris qui s'intéresse à ce thème de recherche. Rémond se souvient de son invitation par ses parents de cet oncle, Alphonse Baudouin, professeur de pathologie générale à la faculté de médecine de Paris qui a également un service à l'Hôtel-Dieu. *« C'était un très grand homme, dit Rémond, avec un pince-nez, impressionnant, très prussien, se tenant parfaitement. Il avait présenté polytechnique et avait été reçu ; mais au dernier moment, il avait trouvé que cela n'était pas très drôle et a fait sa médecine »*. Ayant entendu parler des travaux de Hans Berger, il est allé le voir. Puis, à son retour à Paris, il a trouvé les moyens de mettre en place une instrumentation d'électroencéphalographie, l'une des premières en France. Il a eu l'un des premiers appareils du premier constructeur américain, Albert Grass, un deux plumes (deux canaux d'enregistrements), au moment où le jeune Rémond discutait pour la première fois avec son oncle. Après son P.C.B. passé à Lille, Rémond est en première année de médecine à Paris en 1936, et fréquente le service de Baudouin à l'Hôtel-Dieu en s'initiant à l'anatomopathologie avec le très respecté et craint professeur d'anatomie André Hovelacque (1880-1939). Lorsque la guerre éclate, Rémond est externe dans ce même service ; il a trouvé sa voie.



Nappe spatio-temporelle représentant les courbes concentriques isopotentielles en coordonnées spatio-temporelles permettant de lire pour chaque région du scalp la cinétique du potentiel au cours du temps. D. R.

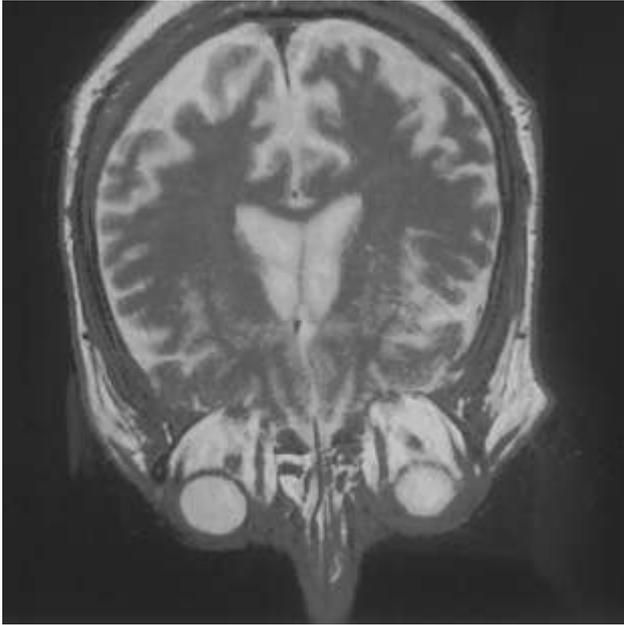
- 3 En 1941, Rémond, fait prisonnier par les Allemands à Zuydcoote, réussit à s'échapper. Il passe la guerre caché dans le laboratoire de pathologie de Baudouin à Sainte-Anne et découvre l'expérimentation électro-encéphalographique avec les époux Fischgold qui ont déjà publié quelques articles avec A. Baudouin, R. Caussé et J. Lérique. D'un appareil à deux plumes et d'un autre à quatre plumes, le technicien du laboratoire parvient à réaliser un six plumes ; la cage de Faraday, très impressionnante, est en treillis de cuivre. Rémond a aussi l'occasion de travailler à la fin de la guerre avec Pierre Puech, dans son nouveau service de neuro-psycho-chirurgie de Sainte-Anne soutenu par Baudouin, où il expérimente la psycho-chirurgie, mais aussi la localisation des tumeurs cérébrales par l'électroencéphalographie, après les travaux pionniers de Grey Walter, et sur des patients atteints d'encéphalites ou d'épilepsie. Alors que les Fischgold doivent passer la ligne de démarcation grâce à Rémond, ce dernier, pourtant recherché, reste seul à pratiquer l'électroencéphalographie chez Baudouin, se résigne à ne pas passer son internat, et soutient en 1945 sa thèse intitulée *Introduction à l'électroencéphalographie*.
- 4 C'est alors que le ministère des Affaires étrangères lance un appel d'offres pour des visites des grands laboratoires américains destiné à quelques brillants étudiants de médecine. Appuyé par Baudouin, Rémond saisit l'occasion de visiter les laboratoires de Joseph Erlanger et Herbert Gasser, ou encore celui de Detlev Bronk, chez qui il passe finalement plus d'une année à travailler sur la chute de l'oxygène sanguin au cours des crises d'épilepsie, sous la direction de Phillip W. Davies. C'est dans ce laboratoire que Rémond fait la rencontre de John C. Lilly qui réfléchissait alors à des modèles physiques et topographiques des signaux électro-encéphalographiques en vue de localisations corticales d'activités électriques anormales. C'est auprès de lui que Rémond comprit qu'il s'intéresserait désormais à la topographie cérébrale étudiée par l'électroencéphalographie. Il retournera plus tard une année aux États-Unis, entre 1951 et 1952, à Chicago dans le laboratoire de Warren McCulloch pour se former à la représentation en deux dimensions des Laplaciens, et participera aux conférences de cybernétique de la fondation Macy présidées par ce dernier.
- 5 En 1946, Rémond est recruté comme stagiaire, puis passe attaché de recherche au CNRS. Le premier congrès international d'électroencéphalographie a lieu à Londres en 1947, et Rémond en profite pour visiter le laboratoire de Grey Walter à Bristol, pionnier de l'électroencéphalographie, chez qui il fait la connaissance du neurologue de Marseille,



Henri Gastaut, qui pratique l'électroencéphalographie pour le diagnostic clinique des épilepsies. En 1948, Théophile Alajouanine (1890-1980), cinquième successeur de Charcot à la chaire des maladies du système nerveux, lui permet d'installer son propre laboratoire d'électroencéphalographie et de neurophysiologie appliquée (Lena), soutenu par le CNRS. C'est aussi l'année où naît la société française d'électroencéphalographie dont Rémond est le secrétaire en France.

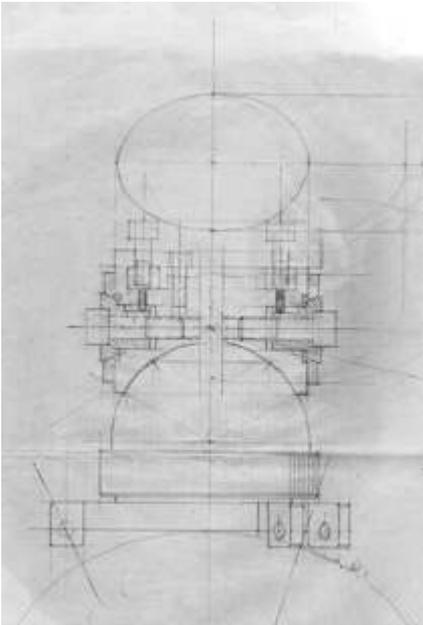
- 6 L'année suivante, Henri Gastaut désigne Rémond et Alajouanine pour l'organisation du deuxième congrès international d'électroencéphalographie à Paris qui voit naître la Fédération internationale d'électroencéphalographie.
- 7 Rémond démarre sa carrière chez Baudouin comme épileptologue grâce à l'électroencéphalographie, mais pas seulement, puisque avec l'aide de son père chimiste, il produit une nouvelle méthyl- hydantoïne qu'il teste sur des patients épileptiques, puis la commercialise, et qui présente un moindre degré de toxicité que pour le traitement classique. C'est dans le cadre de ces recherches que Rémond poursuit son projet chez Bronk sur la diminution du taux d'oxygène sanguin au cours des crises épileptiques. De retour des États-Unis, Rémond développe quelques thèmes de recherche de Baudouin, en particulier ceux entamés avec le neurochirurgien Puech décédé en 1949, concernant le développement de la stéréotaxie humaine, en parallèle des recherches pionnières de Jean Talairach, le véritable initiateur en France de ce domaine. Grâce à ses contacts avec John Lilly (qui l'initie aux analyses topographiques), Grey Walter (pionnier des techniques d'analyse électro-encéphalographique), Warren McCullock (utile pour les aspects mathématiques) et Franklin Offner (pour l'électronique), Rémond développe son propre système d'analyse des activités électro-encéphalographiques qu'il dénomme « matide », pour « méthode d'analyse et de traitement intégré des données électro-encéphalographiques ». Centre CYCERON, coupes cérébrales en imageur par résonance magnétique (IRM). Ces acquisitions sont obtenues par injection d'une molécule radioactive marquée par des isotopes du carbone, du fluor, ou de l'oxygène (émetteurs de positions). Cette technologie avancée est appréciée et saluée par ses collaborateurs américains. Elle doit permettre à terme la localisation et la détection de synchronies des activités cérébrales normales et pathologiques (foyers épileptiques et tumeurs). Un appareil d'analyse des phases et un moyennneur du signal électro-encéphalographique sont également mis au point dans les années 1950, ainsi qu'un appareil d'analyse de potentiels évoqués, le « phasotron », dont un modèle commercialisé est acquis par Henri Gastaut à Marseille.
- 8 Il publie d'ailleurs avec lui en 1952 une étude électro-encéphalographique sur les myoclonies⁴. Avant que le CNRS ne l'enjoigne à arrêter son activité clinique, Rémond ouvre un cabinet privé et réalise en 1957-1958 des expériences de traitement de parkinsoniens par ablation et stimulation stéréotaxiques, à la manière de celles pratiquées à la même période, mais non publiées, de Lars Leksell.
- 9 Le repli sur des recherches plus fondamentales permet le développement des méthodes informatiques pour l'analyse des signaux électro-encéphalographiques et la création d'un « groupe pour les applications de l'informatique à la médecine » (GAIN) qui fusionnera avec l'association pour les applications de l'informatique à la médecine créée par les Professeurs Brouet, Hamburger et Castaigne.
- 10 L'analyse électro-encéphalographique par nappes spatio-temporelles devient peu à peu une méthode courante. Le Lena se spécialise dans l'étude de personnes à risque comme les conducteurs de poids lourds, ou les pilotes de ligne. C'est ainsi que Rémond est

employé par la NASA à la sélection des astronautes du projet Apollo. Comme l'indique Bernard Renault, élève et successeur de Rémond au Lena, après Nicolle Lesèvre, « nous lui sommes infiniment redevables de ses combats qui ont permis de contribuer à pouvoir transformer l'électroencéphalographie, si souvent critiquée, en une technique moderne d'imagerie fonctionnelle cérébrale ». Dans les années 1990, Bernard Renault peut acheter, grâce à un montage financier complexe⁵, le premier appareil de magnéto-encéphalographie (MEG) à 151 capteurs magnétiques et 64 capteurs électriques assurant une couverture complète de la tête qui a permis, grâce à l'association d'autres techniques comme l'IRM, le renouveau de l'école d'Antoine Rémond.



Centre CYCERON, coupes cérébrales en imageur par résonance magnétique (IRM). Ces acquisitions sont obtenues par injection d'une molécule radioactive marquée par des isotopes du carbone, du fluor, ou de l'oxygène (émetteurs de positions). © CNRS Photothèque/Laurence Médard

- 11 Les études cliniques d'Antoine Rémond sur la maladie de Parkinson et l'épilepsie, ainsi que ses liens avec la stéréotaxie⁶ de Talairach sont remarquables. Les nombreux dossiers cliniques contenus dans ses archives personnelles auxquels nous avons pu avoir accès en sont un témoignage fondamental. En outre, il montre du doigt la nécessité de donner aux enregistrements électro-encéphalographiques des repères spatiaux et/ou temporels afin d'en dépasser les difficultés d'interprétation : « La lecture des tracés EEG et leur interprétation dans la perspective clinique sont loin d'être faciles. Le faible nombre des signes EEG caractéristiques reconnus et utilisés est en contraste frappant avec la richesse apparente de l'information présente dans les tracés. Cela s'explique par le fait que l'EEG est un mélange complexe d'activités électriques diverses, une résultante où concourt de façon plus ou moins indépendante ou même anarchique un nombre considérable d'éléments différents provenant de causes très variées. »⁷
- 12 Rémond met également en relief le fantasme psychophysiologique d'utiliser l'EEG comme un indicateur des états mentaux en lien avec les mécanismes cérébraux : « L'habitude motivée de rechercher dans l'EEG une contribution à la connaissance du cerveau provient de ce que cet enregistrement étant délivré par lui en constitue l'un de ses artéfacts les plus remarquables. Son organisation anatomique et fonctionnelle s'imprime nécessairement dans les propriétés ou les caractères de la texture graphique du tracé de son activité électrique. »⁸



Brouillon d'un plan dessiné par Antoine Rémond d'un nouvel appareil de stéréotaxie humaine. D. R.

- 13 En 1952, la maquette d'un premier analyseur de phases des ondes le long d'une ligne d'électrodes est présentée en vue de faciliter la lecture et l'interprétation des enregistrements EEG. En 1954, il est l'un des pionniers des techniques de moyennage. En 1956, le Lena est scindé en deux parties, l'une clinique, tandis que l'autre, rattachée au CNRS, est consacrée à la recherche. Force lui est donc faite de devoir choisir : il opte pour la recherche et abandonne, au moins dans la forme, avec regret, les études cliniques d'exploration fonctionnelle. En outre, d'importants doutes sont émis quant à la possibilité réelle de pouvoir déterminer et localiser les activités cérébrales. Néanmoins, il présentait l'importance d'une étroite collaboration entre ces deux domaines. Après avoir été obligé par le CNRS de mettre entre parenthèses la clinique, il consacre une partie de ses travaux à affiner l'utilisation de l'EEG et conçoit les nappes spatio-temporelles. Elles représentent les corrélations dans le temps et l'espace des activités électriques enregistrées sans aucune stimulation qui sont obtenues grâce à l'interpolation du topogramme moyen obtenu à partir de plusieurs décalages : le décalage avec le temps par rapport à la référence enregistrée par l'électrode temporale-pariétale et le décalage topographique qui s'ensuit et augmente progressivement. Elles marquent une démarche analytique pour ordonner les données EEG par rapport à une référence spatiale et temporelle.
- 14 Les analyses topographiques, possibles grâce aux développements des techniques d'électroencéphalographie, ont été entreprises à la suite des recherches peu fructueuses réalisées dans l'analyse des phénomènes électriques avec la seule référence chronologique. La forme même de ces cartes résulte de la difficulté de donner une représentation aux données spatio-temporelles. Cette corrélation de données topographiques et de données temporelles est extrêmement importante ; elle permet d'appréhender l'activité cérébrale non plus seulement par le biais de la représentation unidimensionnelle du temps, mais dans un espace-temps mental associé à l'activité du cerveau : « *Dépouillées également dans leur topographie des contingences de référence spatiale, les nappes spatio-temporelles qui en sont tirées permettent l'étude de l'organisation dans le temps et dans l'espace de la densité des lignes de courant provenant des pôles des générateurs théoriques. Le*



moment d'apparition, la topographie, le sens de déplacement, la vitesse apparente des activités peuvent en être déduite en un coup d'oeil et faire l'objet de comparaison d'un instant à l'autre, d'un endroit à l'autre, d'un sujet à l'autre. »⁹

- 15 D'ailleurs Rémond débute un questionnement sur la problématique relative à la question de ces références au sein d'un article publié en deux parties dans la *Revue neurologique*¹⁰ en 1960. Le choix de cette représentation, grâce au modèle de la carte, fait également référence à la difficulté, évoquée par Rémond, d'éviter toute confusion entre la méthode de représentation des données et la signification fournie par les différentes coordonnées. Ce choix permet de faire appel à un seul mode de transcription rendant compte de plusieurs faits différents. Il a donc fallu adopter des modes d'exposition informatifs et compréhensibles tout en choisissant plusieurs niveaux de réduction des données traitées. Rémond fait l'analogie entre ses cartes et les cartes pluviométriques des météorologistes.
- 16 Bien que ces méthodes soient largement employées en neurologie clinique aujourd'hui, elles sont relativement incomprises dans cette période par le CNRS. Pourtant, il faut noter que grâce aux ordinateurs actuels, cette technique permet de mettre au point les cartographies instantanées du potentiel, et de suivre en temps réel l'activité électrique du cerveau. Désormais, cette approche est utilisée dans la quasi-totalité des laboratoires d'imagerie cérébrale électrique et magnétique.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Bernard Renault (DRCE CNRS, directeur du Lena jusqu'à fin 2004 et directeur du centre MEG-EEG, situé à l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière) de leur avoir permis un accès privilégié aux archives d'Antoine Rémond. Cet article a pu être réalisé grâce à deux interviews de Bernard Renault enregistrées par le groupe Neurosciences du programme CNRS Histoire des Savoirs (Claude Debru, Jean-Gaël Barbara, Céline Cheric, David Romand) les 7 et 10 février 2006, ainsi qu'à partir d'une interview d'Antoine Rémond réalisée par Bernard Renault dans son laboratoire en 1995, au moment de l'achat du MEG. Ils remercient également Bernard Renault de nous avoir autorisés à reproduire certaines informations de cet entretien privé.

BIBLIOGRAPHIE

Rémond A. *Orientations et tendances des méthodes topographiques dans l'étude de l'activité électrique du cerveau*. *Revue Neurologique*, 1955, 93, 2, pp. 399-432.

NOTES

1. En France, la construction de tels instruments a été réalisée par la société Alvar.
2. Rémond A., Offner F. *Études topographiques de l'activité EEG de la région occipitale*. *Revue Neurologique*, 1952, 87, 2, pp. 182-189.
3. Laboratoire de neurosciences cognitives et imagerie cérébrale, CNRS, UPR 640, directrice : Line Garnero.



4. Rémond A. Gastaut H. *Étude électro-encéphalographique des Myoclonies. Revue Neurologique*, 1952, 86, 6, pp. 651-658.
 5. Réseau régional CogniSeine, CNRS, DRET, SESAME, DRTT, AP-HP et surtout l'université Pierre et Marie Curie.
 6. Les techniques stéréotactiques peuvent se définir comme l'ensemble des moyens mis en œuvre pour aborder les différents points du volume intracrânien, en les référant à un système de coordonnées réalisé matériellement autour de la tête. La correspondance entre les points visés et le système de coordonnées se fonde sur des données d'anatomie cadavérique ou radiologique.
 7. Rémond A. *Poursuite de la signification en EEG : problème de la référence spatiale. Revue Neurologique*, 1960, 102, pp. 412-415.
 8. Rémond A. *Poursuite de la signification en EEG : problème de la référence temporelle. Revue Neurologique*, 1960, 102, pp. 218-221.
 9. *Ibid.*, p. 414.
 10. Voir notes 6, 7 et 8.
-

RÉSUMÉS

Antoine Rémond (1917-1998) fut l'un des pionniers en France des développements de l'électroencéphalographie (EEG). Ses travaux ont permis de lier l'évolution de ces techniques, leur application à la clinique et la recherche fondamentale. Céline Cherici et Jean-Gaël Barbara font le récit d'un parcours hors norme.

Céline Cherici and Jean-Gaël Barbara relate the story of Antoine Rémond who developed electroencephalography in France. How he succeeded in connecting techniques, clinical applications and fundamental research.

AUTEURS

CÉLINE CHERICI

Céline Cherici est docteur en épistémologie et histoire des sciences, chercheur associée au laboratoire de recherches épistémologiques et historiques sur les sciences exactes et les institutions scientifiques (CNRS, UMR 7596, université Paris VII/Denis-Diderot).

JEAN-GAËL BARBARA

Jean-Gaël Barbara est chargé de recherche au CNRS, membre du laboratoire de neurobiologie des processus adaptatifs (CNRS, UMR 7102, université Paris VI/Pierre et Marie-Curie).