



Traduction de l'anglais : Frank Nadaud

M.A. Persinger

Laurentian University, juin 1995 paru dans : Perceptual and Motor Skills, june 1995, 80, 791-799. ISSN 0031-5125

Résumé : La neuroscience contemporaine suggère l'existence d'algorithmes fondamentaux par lesquels toute transduction sensorielle est traduite dans le code intrinsèque spécifique au cerveau. **La stimulation directe** de ces codes dans les cortex temporel ou limbique humains **par l'application de signaux électromagnétiques pourrait requérir des niveaux d'énergie à la portée** tant de l'activité géomagnétique que **des réseaux de télécommunications contemporains**. Un processus couplé avec l'étroite bande de température du cerveau **permettrait d'affecter tous les cerveaux humains normaux** avec un sous harmonique dont la fréquence au environs de 10 Hz ne varierait que de 0,1 Hz.

Vous avez bien lu : « La stimulation directe (...) par l'application de signaux électromagnétiques pourrait requérir des niveaux d'énergie à la portée (...) des réseaux de télécommunications contemporains ». Conservez bien ceci

en mémoire car c'est là tout l'enjeu de cette recherche.

L'étude des algorithmes par lesquels tous les cerveaux humains fonctionnent peut être considérée comme un thème central de la neuroscience moderne. Bien que des différences individuelles soient attendues pour accommoder l'essentiel de la variance de toute mesure neurocomportementale spécifique, il devrait exister des configurations d'information et de structures basiques dans le cerveau. Elles seraient déterminées par le génome humain, c'est-à-dire, qu'elles seraient spécifiques aux espèces, et devraient contribuer à, ou serviraient de substrat sur lequel tous les phénomènes qui affectent les mesures neurocomportementales sont surimposées.

Une extrapolation logique à une base neurophysique de la conscience est que toutes les expériences doivent exister en tant que corrélats de séquences de matrices électromagnétiques complexes mais déterminées. Elles contrôleraient le thème de la mise en forme de la cognition et de l'affect tandis que la myriade possible d'ensembles de séries de variations aléatoire du « bruit » dans ces matrices pourraient potentiellement différencier les cerveaux individuels. L'identification de ces séquences pourrait aussi permettre l'accès direct aux processus neurocognitifs les plus complexes associés au sens du soi, la conscience humaine et l'agrégat des représentations de l'expérience (mémoire épisodique) qui définit l'individu dans son cerveau (Squire, 1987).

L'existence de standards fondamentaux entre tous les cerveaux humains par lesquels un stimulus physique similaire peut les affecter n'est pas un concept nouveau. Il est démontré quotidiennement par des changements similaires des fonctions qualitatives qui sont évoquées par les drogues psychotropes. Des catégories de structures chimiques, grossièrement classifiées d'antidépresseurs, antipsychotiques, ou composés anxiolytiques, produisent des atténuations générales de l'humeur, des pensées extrêmement excentriques, ou une extrême vigilance. Les caractéristiques de ces changements sont très similaires sur des millions de cerveaux humains indépendamment de leur histoire culturelle ou génétique. Les expériences singulières telles que les pensées et les images spécifiques qui reflètent le processus continu d'adaptation de chaque personne sont surimposées sur ces fonctions générales. Lorsqu'ils sont traduits dans le langage du domaine neuroélectrique, les composants uniques de la conscience individuelle devraient être à la fois incorporés et en interaction avec les schémas invariants des espèces.

Nous avons étudié les conséquences phénoménologiques de l'exposition à des champs électromagnétiques complexes dont les structures temporelles ont été déduites des profils

neuroélectriques les plus récemment observés tels que les séquences potentialisatrices par décharge ou de long terme (Brown, Chapman, Kairiss, Keenan, 1988), qui peuvent être considérées comme la base prototypique d'un domaine majeur de l'activité cérébrale. Ces structures temporelles des codes potentiels pour accéder et influencer les agrégats neuronaux ont été appliqués dans les deux hémisphères (au travers des régions des lobes tempopariétaux ou dans la région du complexe hippocampaire-amygdaloïde) du cerveau **par des champs électromagnétiques faibles** dont les intensités sont généralement inférieures à 10 milligauss (1 micro Tesla). Le but de cette recherche, suggéré par E.R. John (1967) et Sommerhoff (1974), est d'identifier les codes basiques du langage des systèmes de représentation dans le cerveau humain¹.

Dans la tradition de Johannes Mueller, nous avons supposé que la transduction des stimuli par les détecteurs en potentiels gradués afférents, et la traduction subséquente en signaux digitaux des potentiels d'action (qui sont plus probablement susceptibles de se comporter fonctionnellement comme une composition de pixels dans un champs neural) peuvent être circonvenus par l'introduction directe de cette information dans le cerveau². L'induction d'information complexe nécessiterait la simulation des structures de résonance qui seraient normalement créées temporairement par les afférents sensoriels. Le prémisses de base est que la duplication synthétique de corrélats neuroélectriques générés par les détecteurs d'un stimulus réel devrait produire des expériences identiques sans présence de ce stimulus.

Nous-nous sommes concentrés sur les portions polymodales et les plus labiles des cortex parahippocampal (Van Hoesen, 1982) et entorhinal (Vinogradova, 1975) et du gyrus supérieur antérieur des cortex temporaux (Bancaud, Brunet-Bourgain, Chauvel, Halgren, 1994) en tant que régions dans lesquelles la circonvolution serait la plus probable. L'extraction et la traduction des signaux neuraux des différentes entrées sensorielles en codes communs surviennent dans ces régions avant qu'elles soient consciemment perçues (Edelman, 1989). La présence des codes centraux fut montrée par E.R. John (1967, pp. 348-349) qui rapporta un transfert immédiat du contrôle opérant à la réponse d'un stimulus auditif vibrant en un stimulus visuel vibrant si sa forme temporelle était identique au stimulus (acoustique) précédent.

Nous (Fleming, Persinger, Koren, 1994) avons rapporté que l'exposition du cerveau entier de rats à un champ magnétique jaillissant [burst-firing] de 5 μ T durant une seconde, toutes les 4 secondes évoquait une réponse analgésique qui était similaire à celle induite par l'application de stimulations tactiles plus nocives d'une seconde toutes les 4 secondes directement sur les coussinets. La stimulation électrique directe des structures de membres qui simule l'application épisodique, systémique d'agents muscariniques (cholinergique) peut évoquer une réaction électrique (Cain, 1989). Plus récemment, l'induction directe de séquences

électriques chaotiques dans la région labile CA1 de l'hippocampe a montré soit un accroissement, soit une atténuation des décharges paroxysmiques (Schiff, Jerger, Duong, Chang, Spano, Ditto, 1994).

Ces résultats indiquent fortement que l'imitation de la structure temporelle de la transmission sensorielle directement dans le cerveau par des stimuli non biogéniques peut invoquer des changements qui sont juste aussi efficaces que la transduction classique (et requièrent probablement moins d'énergie). Comme il a été affirmé plus récemment et succinctement par E.R John (1990), le fonctionnement fondamental de l'activité électrique du cerveau suggère qu'une forme d'encodage de la fréquence³ pourrait jouer un rôle significatif dans les transactions informationnelles à l'intérieur et entre les structures du cerveau. La conscience serait associée avec une configuration électromagnétique générée par un agrégat neural aux caractéristiques statistiques invariantes qui sont indépendantes des cellules contribuant à chaque caractéristique (John, 1990, p. 53).

Les effets de l'application de champs magnétiques variables dans le temps sur l'activité du cerveau ont été considérés comme minimaux ou dans l'intervalle des limites biologiques normales à moins que l'intensité du champs excède les niveaux naturels endogènes ou exogènes (ambiants) de plusieurs ordres de grandeur⁴. Jusqu'à très récemment, presque toutes les études desquelles cette conclusion a été déduite impliquaient des stimuli hautement redondants tels que des champs de 60 Hz ou les pulsations répétitives. Une illustration simple présente le problème : une seule minute d'exposition d'un réseau de neurones à une onde sinusoïdale de 60 Hz expose ce réseau à 3600 présentations (60 sec. X 60 cycles/sec.) de la même information redondante. Même des estimations générales de l'accoutumance (Persinger, 1979) telle que l'équation $H = IRT / Rt$ (IRT =temps inter-réponse ; Rt = durée de réponse) indiquent que l'accoutumance au stimulus devrait être survenue bien avant son arrêt après 1 min. Bien que les fréquences d'excitation intermittente (100 à 200 Hz) des neurones de l'hippocampe, par exemple, excèdent cette forme, elles ne sont pas temporellement symétriques et exhibent une variabilité des intervalles inter-stimulus qui contiendrait une information différente et devraient atténuer l'accoutumance.

La dépendance apparente des réponses de l'organisme à l'intensité du champ électromagnétique appliqué, la « courbe de réponse dépendante de l'intensité », pourrait simplement être un artéfact de l'absence d'information biologiquement pertinente dans la forme de l'onde. Si la structure temporelle du champs électromagnétique appliqué contenait des informations pertinentes et détaillées (Richards, Persinger, Koren, 1993), alors **l'intensité du champ nécessaire pour induire une réponse pourrait être de plusieurs ordres de grandeur en dessous des valeurs qui ont été précédemment**

trouvées induire des changements. Par exemple, Sandyk (1992) et Jacobson (1994) ont trouvé que les champs magnétiques complexes avec des durées de pulsation inter-stimulus variables pourraient invoquer des changements sans précédent dans les niveaux de mélatonine même pour des intensités de l'ordre du nano-T⁵.

Le contre argument classique selon lequel des champs magnétiques « très forts » doivent être présents pour « excéder ou compenser le bruit électromagnétique associé aux énergies thermiques intrinsèques (Boltzmann) » est basé sur des équations et des calculs des indices quantitatifs d'agrégats d'activité moléculaire et pas sur les formes de leur interaction.

Il y a d'autres possibilités, Par exemple, Weaver et Astumian (1990) ont montré mathématiquement que la détection de champs très faibles (microV/cm)⁶ peut survenir si la réponse est exhibée dans une étroite bande de fréquences⁷ ; la détection est une fonction des fluctuations thermiques induites dans le potentiel de la membrane⁸ et de l'incrément maximal de changement de ce potentiel de la membrane qui est évoqué par le champ magnétique. Le modèle de résonance cyclotron ionique qui fut initié par la recherche de Blackman, Bename, Rabinowitz, House, et Joines (1985) et confirmé par Lerchl, Reiter, Howes, Honoka et Stkkan (1991) indique que, lorsqu'un champ magnétique alternatif à une fréquence de distance (résonance) est surimposé sur un champ magnétique stationnaire, le mouvement des ions calcium et autres peut être facilité avec de très petites énergies. Plus de 25 ans auparavant, Ludwig (1968) développa un argument mathématique séduisant (mais néanmoins ignoré) qui décrivait l'absorption d'ions atmosphériques dans le cerveau.

Au dessus de ces niveaux minimaux, le contenu en information de la structure de l'onde devient essentiel. L'analogie la plus simple serait la réponse d'un réseau de neurones complexe tel que celui de l'être humain à l'énergie sonore. Si seulement un ton de 1000 Hz (onde sinusoïdale) était présenté, l'intensité requise pour évoquer une réponse pourrait bien excéder 90 db ; dans ce cas la réponse serait un évitement manifeste et grossier. Cependant, si la structure du champ sonore était modifiée pour exhiber la forme complexe qui serait équivalente à de l'information biologiquement pertinente telle que « aidez-moi, je meurs », des champs plus faibles de plusieurs ordres de grandeur (par ex. 30 db) pourraient être suffisants. Ce stimulus unique, bref mais riche en information évoquerait une réponse qui pourrait concerner tous les domaines cognitifs majeurs. Si l'information dans la structure du champ magnétique appliqué est une source majeure de son effet neurocomportemental, alors les réponses « dépendantes de l'intensité » comme le support pour les hypothèses expérimentales d'interaction biomagnétique pourraient être aussi bien des épiphénomènes que des artéfacts. De telles amplifications des forces de champs électromagnétiques pourraient aussi accroître l'intensité des sous-harmoniques, rides et anomalies temporelles

extrêmement subtiles et presque toujours ignorés qui sont surimposées sur ou dans la fréquence primaire. Ces anomalies subtiles seraient dues aux artefacts présents dans les différents circuits électroniques et les composants dont les similarités sont basées sur la fidélité du point limite (fréquence primaire) en dépit des géométries différentes employées pour produire ce point limite.

Si l'information plutôt que l'intensité est importante pour l'interaction avec le réseau de neurones (Jahn et Dunne, 1987), alors ces formes « de fond » non spécifiées peuvent être la source tant des effets expérimentaux que des échecs de répliquations entre laboratoires. Un exemple concret de ce problème existe dans la supputation d'association entre l'exposition à des champs électromagnétiques (60 Hz) et certaines formes de cancer. L'existence de ces effets transitoires, souvent surimposés sur la fréquence fondamentale de 60 Hz, est encore le facteur le moins considéré dans la tentative de spécifier les caractéristiques des champs qui induisent des mitoses aberrantes (Wilson, Stevens, Anderson, 1990).

Dans les cinq dernières années, plusieurs chercheurs ont rapporté que des effets directs et significatifs sur des structures neurologiques spécifiques peuvent être induits par des champs magnétiques extrêmement faibles dont les intensités sont de l'ordre de l'activité géomagnétique. Sandyk (1992) a discerné des changements significatifs chez des sujets vulnérables tels que des patients diagnostiqués pour leurs désordres neurobiologiques consécutifs à des expositions de courtes durées à des champs magnétiques dont les forces se situent entre le pT et le nT mais dont les applications spatiales sont multifocales (???) et conçues pour introduire des configurations très hétérogènes dans une région très localisée du cerveau. Les composantes efficaces du champ (qui sont supposées être des formes temporelles discrètes dues à la modulation de la fréquence et de l'intensité des champs électromagnétiques) ne sont pas toujours évidentes ; **cependant, les niveaux de puissance pour ces amplitudes sont similaires à celles associées avec les signaux (générés globalement par les systèmes radio et de communication) dans lesquels la plupart des êtres humains sont constamment exposés.**

Le processus le plus parcimonieux par lequel tous les cerveaux humains pourraient être affectés nécessiterait (1) l'immersion dans le même milieu d'approximativement tous les 6 milliards de cerveaux de l'espèce humaine ou (2) une interaction coercitive parce qu'il y a une bande de vulnérabilité très étroite dans chaque cerveau. **Pour la première option, le champ stationnaire ou la composante « permanente » du champ magnétique terrestre répond au critère.** La possibilité que des masses de personnes susceptibles pourraient être influencées durant des conditions critiques de variations extrêmement faibles (moins de 1 %) de l'amplitude stationnaire (50 000 nT, soit 50 μ T) du champ magnétique terrestre tel que durant des orages géomagnétiques (50 à 500 nT) a été discutée ailleurs

(Persinger, 1983). Des preuves expérimentales récentes ont montré un seuil de l'activité géomagnétique d'à peu près 20 nT à 30 nT pour l'observation d'expériences vestibulaires chez des êtres humains et la facilitation de crises limbiques chez des rongeurs est cohérent avec cette hypothèse.

Le potentiel pour la création d'un processus agrégé doté de propriétés de type gestalt qui reflète les caractéristiques moyennes des cerveaux maintenus dans ce champ générateur de l'agrégat a aussi été développé (Persinger et Mafreniere, 1977) et a été appelé « geopsyché ». Ce phénomène serait analogue aux caractéristiques vectorielles d'un champ électromagnétique qui est induit par le courant en déplacement dans les milliards d'éléments tels que les câbles contenus dans un volume relativement faible comparativement à la source. De tels gestalts, tout comme les champs en général, affectent aussi les éléments qui contribuent à la matrice (Freeman, 1990).

La seconde option nécessiterait l'accès à une limite très étroite des propriétés physiques dans lesquelles tous les cerveaux sont maintenus pour générer la conscience et l'expérience de soi. Ce facteur serait principalement porté par la variable température du cerveau. Bien que la relation entre température absolue et longueur d'onde est généralement claire [un exemple qui peut être décrit par la loi de Wien et qui est bien documenté en astrophysique (Wyatt, 1965)], ses implications pour l'accès à l'activité du cerveau n'ont pas été explorées. Les processus neurocognitifs fragiles qui maintiennent la conscience et le sens de soi existent entre 308°K et 312°K (35°C et 39°C). La longueur d'onde fondamentale associée avec cette émission est d'à peu près 10 μm ce qui est bien dans la longueur d'onde de l'infrarouge lointain.

Cependant, la rapport de cet intervalle divisé par la température absolue de l'activité normale du cerveau qui maintiennent les processus neurocognitifs est de seulement 0,013 ou 1,3 %. S'il y avait une structure sous-harmonique dans les champs magnétiques naturels et techniquement générés qui reflétaient aussi ce ratio, alors tous les cerveaux qui seraient opérants dans la bande de température pourraient être affectés par l'harmonique. Par exemple, si 11,3 Hz était une de ces fréquences électromagnétiques sous-harmoniques, des variations de seulement 1,3 % signifient ici 11,3 Hz $\pm$ 0,13 Hz, seraient théoriquement suffisantes pour affecter le fonctionnement de tous les cerveaux normaux. Si cette « fréquence porteuse principale » contenait de l'information biologiquement pertinente en étant modulée de manière à transporter cette information, alors les intensités efficaces pourraient bien être l'intervalle du rayonnement de fond cosmique (de l'ordre de quelques microwatts/cm₂) et pourraient être cachées en tant que composants chaotiques dans le bruit électromagnétique associé à la production d'énergie et son utilisation.

Une des utilisations prophylactiques directes des effets de ces champs pourrait nécessiter des altérations de la température du noyau (cerveau) tels qu'une hypothermie profonde mais réversible. Cependant, cette condition désorganiserait le processus biochimique sur lequel repose l'activité neuronale et donc la conscience. Les traitements qui précipitent les altérations de l'activité neurale, similaires à ceux qui sont associés à l'hypothermie grossière, seraient moins désorganisant. Des candidats spécifiques qui affectent les systèmes à récepteurs multiples tels que la clozapine (Clorazil) et l'acépromazine pourraient être des interventions pharmacologiques possibles.

Les caractéristiques de l'algorithme pour les individus euthermiques sont probablement notables (une fois isolés) mais devraient être maintenant cachés dans l'activité synchrone qui est (1) modifiée et filtrée par les agrégats de neurones et (2) modulée par les inputs sensoriels et ses oscillations intrinsèques (Kepler, Marder, Abbott, 1990) avant qu'ils soient sommairement mesurés par des électrodes. Puisque l'algorithme fondamental devrait être essentiellement un paramètre stable de la température du corps, la plupart des montages d'électrodes (y compris monopolaires hors cerveau ; par ex. oreilles) annuleraient ou atténueraient cet index. Effectivement, l'algorithme serait exprimé d'une manière similaire aux descripteurs pour d'autres phénomènes agrégés comme une constante physique ou un ensemble limité de telles constantes. Cette suggestion est commensurable avec l'observation selon laquelle les réseaux neuronaux sous-jacents qui coordonnent les millions de neurones manifestent les propriétés (mathématiques) d'un attracteur étrange avec un nombre très limité de degrés de liberté (Lopes, Da Silva, Kamphuis, Van Neerven, Pijn, 1990).

La preuve physico-chimique d'un processus fondamental, mû par une limite étroite de la température biologique s'est accumulée. Des variations électromagnétiques oscillatoires fixes ont été montrées *in vitro* pour les enzymes du chemin glycolytique (Higgins, Frenkel, Hulme, Lucas, Rangazas, 1973) dont l'étroite bande de sensibilité à la température (autour de 37°C) est bien connue. Bien que ces oscillations sont souvent mesurées comme périodes (cycles de 2,5 min), Rueg (1973) reporta une dépendance à la température claire de ces oscillations dans une bande de 1 à 20 Hz entre 20°C et 35°C dans des muscles d'invertébrés.

La source cérébrale la plus probable qui pourrait servir de modulateur primaire de ces oscillations biochimiques devrait impliquer des structures dans le thalamus (Steriade et Deschenes, 1984). Des agrégats neuronaux avec des oscillations d'une surprenante stabilité (0,1 Hz près) sont trouvés dans cette structure et dépendent principalement des neurones qui requièrent de l'acide gamma amino butyrique ou GABA (von Krosigk, Bal, McCormick, 1993). Cet acide aminé inhibitoire est spécialement dérivé de la dégradation normale, sensible à la température du glucose par le GABA (Delorey et Oslen, 1994).

Durant les deux dernières décades (Persinger, Ludwig, Ossenkopp, 1973) a émergé un potentiel qui était improbable mais qui est maintenant marginalement réalisable. **Ce potentiel est la capacité technique d'influencer directement la majorité des approximativement six milliards de cerveaux de l'espèce humaine sans la médiation des modalités sensorielles classiques en générant l'information neurale dans le milieu physique où tous les membres de l'espèce sont immergés.** De l'émergence historique de telles possibilités, de la poudre à canon jusqu'à la fission atomique, ont résulté des changements majeurs de l'évolution sociale, qui survinrent de manière extraordinairement rapide après leur application. La réduction du risque d'application inappropriée de ces technologies requière une discussion ouverte et continue dans la communauté scientifique et le domaine public sur le réalisme de leur faisabilité et leurs implications.

REFERENCES

- Bancuad, J., Brunet-Bourgin, F., Chauvel, P., & Halgren, E. Anatomical origin of _deja_vu_ and vivid 'memories' in human temporal lobe epilepsy. *_Brain_*, 1994, 117, 71-90.
- Blackman, C.F., Bename, S.G., Rabinowitz, J.R., House, D.E., & Joines, W.T. A role for the magnetic field in the radiation-induced efflux of ions from brain tissue _in_vitro_. *_Bioelectromagnetics_*, 1985, 6, 327-337.
- Brown, T.H., Chapman, P.F., Kairiss, E.W., & Keenan, C.L., Long-term potentiation. *_Science_*, 1988, 242, 724-728.
- Cain, D.P. Excitatory neurotransmitters in kindling; excitatory amino acid, cholinergic and opiate mechanisms. *_Neuroscience_and_Biobehavioral_Reviews_*, 1989, 13, 269-276.
- Delorey, T.M., & Olsen, R.W. GABA and glycine. In G.J. Siegel, B.W. Agranoff, R.W. Albers, & P.B. Molinoff (Eds.), *_Basic_neurochemistry_*. (5th ed.) New York: Raven, 1994. Pp. 389-399.

Edelman, G.M. *The remembered present: a biological theory of consciousness*. New York; Basic Books, 1989.

Fleming, J.L., Persinger, M.A., & Koren, S.A. One second per four second magnetic pulses elevate nociceptive thresholds: comparisons with opiate receptor compounds in normal and seizer-induced brain damaged rats. *Electro_and_Magnetobiology*, 1994, 13, 67-75.

Freeman, W.J. On the fallacy of assigning an origin to consciousness. In E.R. John (Ed.), *Machinery_of_the_mind*. Boston, MA: Birkhauser, 1990. Pp. 14-26.

Higgins, J., Frenkel, R., Hulme, E., Lucas, A., & Rangazas, G. The control theoretic approach to an analysis of glycolytic oscillators. In B. Chance, E.K. Pye, A.K. Ghosh, & B. Hess (Eds.), *Biological_and_biochemical_oscillators*. New York: Academic Press, 1973. Pp. 127-175.

Jacobson, J.I. Pineal-hypothalamic tract meditation of picoTesla magnetic fields in the treatment of neurological disorders. *FASEB_Journal*, 1994, 8, A656.

Jahn, R.G., & Dunne, B.J. *Margins_of_reality: the_role_of_consciousness_in_the_physical_world*. New York: Harcourt, Brace & Jovanovitch, 1987.

John, E.R. *Mechanisms_of_memory*. New York: Academic Press, 1967. John, E.R. Representations of information in the brain. In E.R. John (Ed.). *Machinery_of_the_mind*. Boston MA: Birkhauser, 1990. Pp. 27-56.

Kepler, T.B., Marder, E., & Abbott, L.F. The effect of electrical coupling on the frequency of model neuronal oscillators. *Science*, 1990, 248, 83-85.

Krosigk, M. von, Bal, T., & McCormick, D.A. Cellular mechanisms of a synchronized oscillation in the thalamus. *Science*, 1993, 261, 361-364.

Lerchl, A., Reiter R.J., Howes, K.A., Honaka, K.O., & Stokkan, K-A. Evidence that extremely low frequency Ca^{++} cyclotron resonance depresses pineal melatonin synthesis *in_vitro*. *Neuroscience_Letters*, 1991, 124, 213-215.

Lopes, F.H., Da Silva, L., Kamphuis, W., Van Neerven, J.M.A.M., & Pijn, P.M. Cellular and network mechanisms in the kindling model of epilepsy: the role of GABAnergic inhibition and the emergence of strange attractors. In E.R. John (Ed.), *Machinery_of_the_mind*. Boston, MA: Birkhauser, 1990. Pp.115-139.

Ludwig, H.W. A hypothesis concerning the absorption mechanism of atmospherics in the nervous system.

_International_Journal_of__Biometeorology_, 1968, 12, 93-98.

Persinger, M.A. A first approximation of satiation time: (IRT2/Rt).

_Perceptual_and_Motor_Skills_, 1979, 49, 649-650.

Persinger, M.A. The effects of transient and intense geomagnetic or related global perturbations upon human group

behavior. In J.B. Calhoun (Ed.), _Perspectives_on_adaptation,_environment__and_population_. New York: Praeger, 1983. Pp. 28-30.

Persinger, M.A., & Lafreniere, G.F. _Space-time_transients_and__unusual_events_. Chicago, IL: Nelson-Hall, 1977.

Persinger, M.A., Ludwig, H.W. & Ossenkopp, K.P. Psychophysiological effects of extremely low frequency

electromagnetic fields: a review. _Perceptual_and_Motor__Skills_, 1973, 36, 1131-1159.

Richards, P.M., Persinger, M.A., & Koren, S.A. Modification of activation and evaluation properties of narratives by

weak complex magnetic field patterns that simulate limbic burst firing.

_International_Journal_of_Neuroscience_, 1993, 71, 71-85.

Ruegg, J.C. Oscillating contractile structures from insect fibrillar muscle. In B. Chance, E.K. Pye, A.K. Ghosh, & B.

Hess (Eds.), _Biological_and_biochemical_oscillators_. New York: Academic Press, 1973. Pp. 303-309.

Sandyk, R. Successful treatment of multiple sclerosis with magnetic fields.

_International_Journal_of_Neuroscience_, 1992, 66, 237-250.

Schiff, S.J., Jerger, D.H., Chang, T., Spano, M.L., & Ditto, W.L. Controlling chaos in the brain.

Nature, 1994, 370, 615-620.

Sommerhoff, G. _Logic_of_the_living_brain_. New York: Wiley, 1974.

Squire, L.R. _Memory_and_the_brain_. New York: Oxford Univer. Press, 1987.

Steriade, M., & Deschenes, M. The thalamus as a neuronal oscillator.

_Brain_Research_Reviews_, 1984, 8, 1-63.

Van Hoesen, G.W. The parahippocampal gyrus: new observations regarding its cortical connections in the monkey.

_Trends_in_the_Neurosciences_, 1982, 5, 340-345.

Vinogradova, O.S. Functional organization of the limbic system in the process of registration of information: facts and hypotheses. In R.L.

Isaacson & K.H. Pribram (Eds.), _The_hippocampus_: Vol. 2.

_Neurophysiology_and_behavior_. New York: Plenum, 1975. Pp. 3-69.

Weaver, J.C., & Astumian, R.D. The response of living cells to very weak electric fields: the thermal noise limit.

Science, 1990, 247, 459-462.

Wilson, B.W. Stevens, R.G., & Anderson, L.E. _Extremely_low_frequency_electromagnetic_fields:_the_question_of_cancer_. Richland, WA: Battelle Press, 1990.

Wyatt, S.P. _Principles_of_astronomy_. Boston, MA: Allyn & Bacon, 1965. Accepted March 15, 1995.

¹ NdT : Jean-Louis Krivine (le cousin d'Alain), a montré que ces codes sont très proches du lambda calcul, c'est-à-dire une partie de la logique mathématique qui permet de construire l'informatique sur une base théorique. Son travail consiste à traduire en lambda calcul les démonstrations de théorèmes fondamentaux des mathématiques afin d'en déduire l'opération équivalente en informatique. Krivine pense que les mathématiques sont en somme une forme de décodage des programmes de notre cerveau. CF. Science et Vie N° xxx.

² NdT : **En clair, on peut introduire de l'information dans le cerveau directement par des champs électromagnétiques.**

³ Cette hypothèse est exactement celle des chercheurs de biophysique russes dès les années

60.

NdT : Endogène : induit, produit à l'intérieur du système ; exogène : produit à l'extérieur du système (ici le cerveau) ; ordres de grandeurs : nombre de multiplications par 10 d'un nombre donnés (logarithme décimal : $10=1$; $100=2$; $1000=3$ etc...).

⁵ NdT : Nano-Tesla : milliardième de Tesla. Noter que ce résultat est au cœur des controverses actuelles sur les effets des GSM qui émettent des micro-ondes pulsées et modulées complexes.

⁶ NdT : A titre de comparaison, le champ électrique naturel de l'atmosphère est de 100 V/m soit un Volt/cm, l'auteur parle donc de champs 1 million de fois plus faibles que le champs électrique atmosphérique.

⁷ NdT : Ce qui signifie que le cerveau est capable de réagir a des champs 1 million de fois plus faibles que le champ atmosphérique, à condition que ce champs ait une certaine fréquence.

⁸ C'est-à-dire à la surface de la cellule.