

Induction d'Ondes Cérébrales à Partir d'Infrasons (BrightWaves®)

Marc Pouliot_{ing.}

Novembre 2004

Résumé

Les résultats de la présente étude sont le fruit de huit explorations concernant l'induction d'ondes cérébrales par stimulation acoustique avec le procédé BrightWaves® qui ajoute une composante infrasonique à une porteuse sonore. Deux expériences ont été réalisées dans les conditions contrôlées d'une salle anéchoïque et sont présentées ici pour démontrer le succès de la procédure et intéresser potentiellement une recherche plus approfondie dans ce domaine d'avenir qu'est la stimulation par infrasons. Dans une première expérience, l'analyse comparative des EEGs (Électro-encéphalogramme) d'un participant d'une session avec « un son » et d'une session avec le même son où est ajouté un infrason (BrightWaves®) (son + infrason), démontre clairement que l'effet de l'infrason est significatif. Dans une seconde expérience, l'analyse comparative des EEGs démontre une plus grande réponse EEG si une fréquence fondamentale est utilisée. La résilience de l'effet de l'infrason (plus de 45 minutes) a été observée même si cela ne faisait pas partie des objectifs de départ. Les résultats présents valident la technique mais la répétition de ces expériences sur une population plus large pourrait générer un intérêt plus grand de la part de la communauté scientifique face au potentiel de diagnostic et de traitement que représentent les infrasons.

L'auteur principal dédit le thème de son doctorat à la détermination d'une fréquence fondamentale de l'horloge interne par variation graduelle de tempo. Le concept de l'horloge interne constitue un modèle bien établi dans les recherches sur le temps (De Vooght, Van der Goten & Vandierendonck, 1998; Gallistel, Mark, King & Latham, 2002; Krumhansl, 2000; Meck & Benson, 2002; Penton-Voak, Edwards, Percival & Wearden, 1996; Pouthas, 1999; Povel, 1981; Treisman, Faulkner, Naish, & Brogan, 1990). Ceci peut sembler loin de l'induction d'ondes cérébrales mais ce n'est pas le cas. L'évaluation du temps est éminemment un phénomène cérébral et très relié aux basses fréquences (Alpha). L'information reliée à la caractérisation des fréquences fondamentales peut avoir un effet majeur sur le degré d'induction ou d'absorption des infrasons. En stimulant à une fréquence fondamentale, la théorie propose, comme résultat, un transfert d'énergie plus important.

Évolution des Études avec EEG

Des études sur les patrons d'ondes cérébrales montrent que la perception du temps est associée aux ondes alpha (8-12 Hz) (Babilonia, Miniussib, Babilonia, Carduccia, Cincottia, Del Percioa, Sirelloa, Fracassib, Nobred & Rossinib, 2004; Treisman, Cook, Naish, & MacCrone, 1994; Wagner & Harding, 1987). La caractérisation fréquentielle et individuelle des ondes alpha est d'intérêt scientifique en regard aux applications potentielles de diagnostic et de traitement par stimulation sonore ou acoustique.

D'autres travaux qui étudient les EEGs (Electro-encéphalogrammes) démontrent une corrélation entre les jugements temporels et certaines régions du cerveau (hémisphère gauche) (Macar & Casini, 1998). Le « P300 » est souvent utilisé comme variable

dépendante dans les expériences avec EEG et il est considéré comme un index « tardif » de l'activité cérébrale (*Event-Related Potential*), où le P vient de *Positive voltage potential*, et le 300 indique un délai d'environ 300 ms après le stimulus. D'autres chercheurs (Yordanova, Kolev & Polich, 2001) ont vérifié la relation entre les réponses P300 et la désynchronisation (ERD- *Event Related Desynchronization*) des ondes alpha. Le P300 est, dans leur expérience, la donnée la plus positive (*peak*) durant une période de 250 à 500 ms après le stimulus. Le P300 est représentatif d'une habileté cognitive supérieure lorsque sa période est plus courte. L'expérience de Yordanova et al. (2001) comporte un stimulus passif (800 Hz) et un stimulus où le participant devait réagir si la fréquence était la fréquence basse (800 vs 1200 Hz). Ces chercheurs concluent que le P300 et le ERD-alpha produisent des résultats similaires et ce, pour les différentes distributions au centre du scalp (emplacements : Fz Pz Cz – voir Figure 1). Toutefois, les analyses spectrales procurent une vision plus complète du spectre de fréquences à analyser. Par exemple, au lieu de déduire la fréquence d'une onde alpha sur un tracé conventionnel d'EEG (voir Figure 2) une transformation (transformée mathématique de Gabor ou de Fourier) permet, pour une fenêtre temporelle donnée, de voir toutes les fréquences présentes. De plus, en comparant les données acquises avec des données précédentes ou celle d'une base de données, il est possible d'isoler chaque fréquence en relation avec son emplacement à la surface du crâne (voir Figure 3) et même à l'intérieur du cerveau avec LORETA (Pascual-Marqui, Esslen, Kochi & Lehmann, 2002). Les couleurs indiquent le niveau alpha des comparaisons. La couleur rouge indique un $p < .001$, ou autrement dit, moins d'une chance sur mille que la différence significative soit due au hasard. L'approche employée ici se concentre sur les statistiques spectrales

entre les conditions. Le P300 pourra être utilisé ultérieurement pour vérifier les performances des sujets après traitements par infrasons en plus des conditions spectrales des ondes stimulées. Les analyses statistiques spectrales constituent un outil récent pour les recherches sur le cerveau qui ont un caractère dynamique.

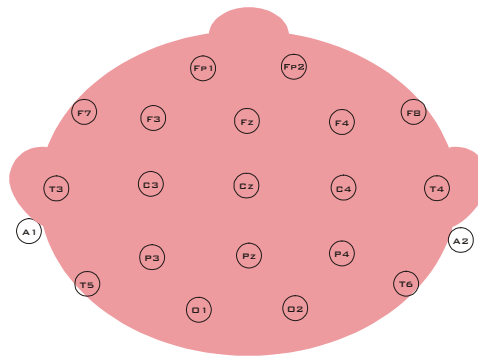


Figure 1. Configuration EEG Standard 10/20. La convention veut le nez vers le haut (ou le bas), F = Frontal, T = Temporal, A = Oreilles, O = Occipital, P = Pariétal. Les chiffres pairs se retrouvent à droite, les chiffres impairs à gauche.

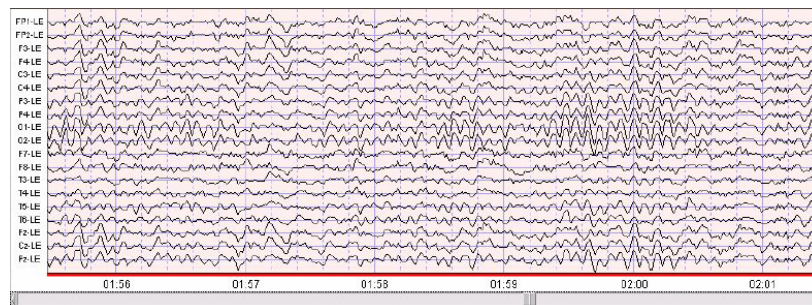


Figure 2. Tracé conventionnel d'EEG. Pour évaluer une onde Alpha de 8 Hz, il faut compter un nombre de cycles qui équivaut à 8 modulations par seconde. Ceci est complexe et sujet à l'erreur d'interprétation à cause des interférences avec les autres ondes. Une onde doit être puissante pour être facilement détectée avec cette méthode qui constitue encore la méthode la plus utilisée par le monde médical.

Treisman et al. (1994), ainsi que Droit-Volet et Wearden (2002) ont fait des expériences pour analyser le contenu des données fréquentielles EEG associés à des stimuli auditifs (clicks) spécifiques. Les résultats ont démontré que certaines fréquences de clicks auditifs pouvaient altérer les fréquences de certains processus oscillatoires dans

le spectre des ondes EEG reliées à l'horloge interne. Finalement, ces chercheurs ont montré que ces clicks interféraient dans un motif similaire aux motifs d'interférence associés à l'estimation du temps. Donc, il est possible par stimulation auditive de modifier les ondes cérébrales et indirectement les mécanismes qui les utilisent ou les génèrent.

Compte tenu de ces résultats, il est très probable de pouvoir identifier un motif spectral EEG lors de la présentation d'une stimulation auditive comprenant un infrason qui correspond à une onde cérébrale. Ceci est vérifié par l'Expérience 1 où un infrason de 7.5 Hz a été ajoutée à une porteuse sonore. Aussi, si une stimulation correspond à une fréquence fondamentale ou à une de ses harmoniques simples, l'effet devrait être plus marquant. Ceci est vérifié avec l'Expérience 2 où le participant est mis en présence d'infrasons correspondant à son alpha spécifique.

Expérience 1. Comparaison d'une Session « Son » versus « Son avec Infrasons »

La comparaison de deux sessions permet d'isoler l'effet de l'infrason. La première session comprend une stimulation sonore, la seconde, la même stimulation sonore à laquelle un infrason BrightWaves de 7.5 Hz a été ajouté.

Cette expérience utilise les nouvelles technologies d'analyse fréquentielle procurée par le logiciel Neuroguide 1.6.6 pour valider les réactions cérébrales prévues lors d'une stimulation acoustique avec des infrasons BrightWaves[®]. L'intention est de produire chez les participants une onde de 7.5 Hz avec un infrason et de l'observer par électro-encéphalogramme (EEG).

Méthode

Participants

Sept participants sans troubles liés au cerveau ont participé à cette expérience. Une fois la procédure de test et d'analyse établie, une session contrôlée dans une salle anéchoïque a été réalisée. Cette session est présentée ici plus en détail.

Matériel

Un lecteur de disque compact Panasonic modèle SL-SX419C avec haut-parleurs amplifiés (Yorkshire Near field monitors (YSM1P – 115 Watts) situés dans une chambre anéchoïque à environ 5 pieds du participant a présenté les stimuli sonores (≈ 65 dB) avec ou sans infrason BrightWaves. L'EEG utilisé est un Deymed 32 canaux avec un casque de configuration standard 10/20 (Electro-Cap), et le logiciel d'acquisition est le TrueScan EEG de Deymed en configuration *linked-ears*.

Procédures et stimuli.

Un casque Electro-Cap 10/20 est tout d'abord installé et calibré pour chaque participant. La session d'enregistrement a la structure suivante :

1. *Baseline1* – Une session de référence (baseline – yeux fermés) de 6 minutes est enregistrée pour comparaisons ultérieures,
2. *Sans Infrason* – Un enregistrement des ondes cérébrales se fait pendant 20 minutes durant lesquelles le participant est exposé à une porteuse sonore dont la tonalité est de 1000 Hz.
3. Une pause de quelques minutes (5) suit.

4. *Baseline2* – Une nouvelle session de référence de 6 minutes est enregistrée.
5. *Avec Infrasons* – L'enregistrement des ondes cérébrales se fait de nouveau pendant 20 minutes durant lesquelles le participant est exposé à la même porteuse sonore mais sur laquelle est ajouté un infrason BrightWaves[®] de 7.5Hz.

Résultats et Discussion

Le but de cette expérience est de vérifier la présence d'une onde cérébrale de 7.5 Hz lorsque le participant est exposé à une tonalité avec un infrason de 7.5 Hz. Avec la structure expérimentale proposée, voici les comparaisons d'intérêt. La comparaison *Baseline1-Sans Infrason* souligne l'effet immédiat de la stimulation sonore sans infrason. La comparaison *Baseline1-Baseline2* montre l'effet résiduel de stimulation *Sans Infrason* après un court repos. La comparaison *Baseline2-Avec Infrasons* présente les effets de la stimulation sonore avec infrasons. Finalement, s'il n'y a pas de différence entre *Baseline1-Baseline2* dans la plage d'intérêt, la comparaison *Sans Infrason – Avec Infrasons* montre l'effet isolé de l'infrason.

Ainsi, en comparant les sessions *Baseline1* et *Sans Infrason* (voir Figure 3 – volet supérieur gauche), il n'y a pas de différence significative dans la région d'intérêt de 7-8 Hz. Cette situation est évidemment souhaitable pour le présent contexte expérimental. L'utilisation de la tonalité a toutefois généré des différences significatives pour les ondes Delta (1-4 Hz). Une activation significative est présente aux environ de 17 Hz. En comparant les deux sessions de référence *Baseline1* et *Baseline2*, une

différence significative est présente à 12 Hz (Figure 3 – volet supérieur droit). Ceci constitue l'effet résiduel de la session *Sans Infrason*, ou l'effet isolé de la stimulation sonore. Donc, le sujet semble plus actif au niveau cérébral après une session de stimulation sonore qu'à la session de référence initiale. Ceci n'est pas surprenant. Les différences significatives entre la session *Baseline2* et la session *Avec infrasons* sont présentes à 7 et 8 Hz (voir Figure 3 – volet inférieur gauche), ainsi que des activations Delta (1-4 Hz) et bas Alpha (5-6 Hz). Les activations de basses fréquences (Delta - ≤ 4 Hz) étaient aussi présentes lors de la session *Sans Infrason* et semblent être dues aux composantes auditives du stimuli et non pas à l'infrason. Finalement, la comparaison *Sans Infrason* versus *Avec Infrasons* (Figure 3 – volet inférieur droit), dénote la différence significative recherchée à 7 et 8 Hz. L'induction de l'infrason a eu lieu. De façon générale, les activations significatives Beta (>12 Hz) peuvent indiquer que le cerveau du sujet est plus actif en présence d'infrasons, même si la fatigue devrait entrer en ligne de compte et afficher moins d'ondes Beta.

En conclusion, la comparaison *Baseline1* versus *Sans Infrason* indique sans équivoque qu'il n'y a pas d'activation à 7-8 Hz avec la stimulation sonore seulement. Aussi, la comparaison *Sans Infrason* et *Avec Infrasons* indique clairement que la stimulation avec infrasons a eu l'effet escompté, soit, activer le cerveau à la fréquence de l'infrason. Ces résultats encourageants ont permis de développer une nouvelle stratégie basée sur les observations des ondes Alpha spécifiques du *Baseline* pour maximiser la relation entre les ondes observées et les infrasons générés.

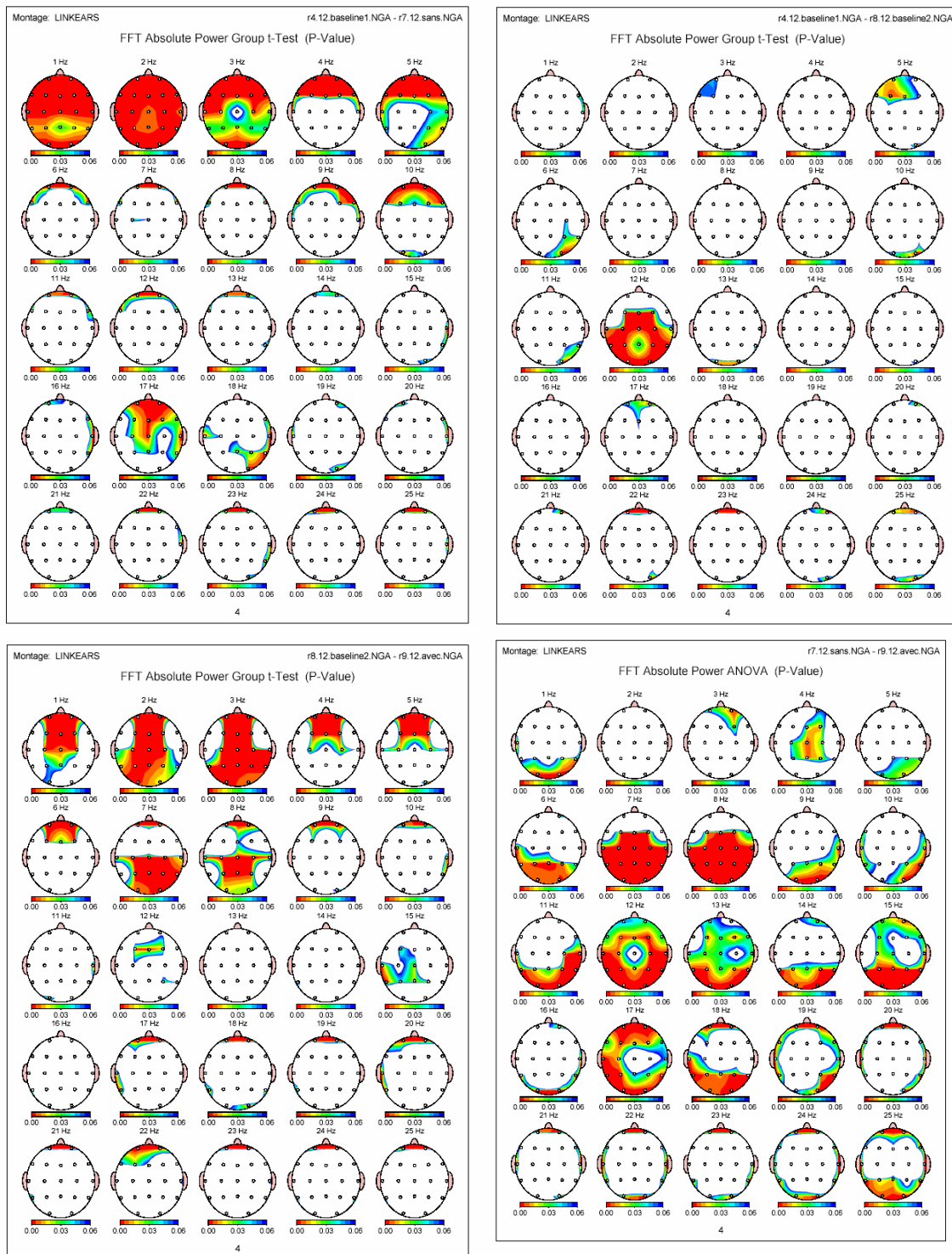


Figure 3. Comparaison des Sessions EEG. Les comparaisons *Baseline1 vs Sans Infrason* et *Baseline1 vs Baseline2* se retrouvent dans le volet supérieur, respectivement à gauche et à droite. Le volet inférieur montre à gauche la comparaison *Baseline2 vs Avec Infrasons*, et à droite, la comparaison *Sans Infrason vs Avec Infrasons*.

*Expérience 2 : Stimulation par Infrasons d'une Fréquence Fondamentale Alpha**Méthode**Matériel*

Le même matériel qu'à l'expérience précédente a été utilisé.

Procédures et Stimuli

Le participant reste assis, les yeux fermés, pendant 6 minutes pour une session d'enregistrements de référence (*Baseline*). Une analyse fréquentielle des données est faite immédiatement pour évaluer l'alpha spécifique du participant (à .05 Hz près). Par la suite, le participant est exposé, pendant 10 minutes à un signal composé de fréquences (porteuse aux environs de 1000 Hz). Une pause de 5 minutes a suivi sans stimulus. Pendant ce temps, un disque avec un stimulus sonore incluant un infrason correspondant à l'alpha spécifique du participant (fréquence de l'onde alpha dont la puissance est la plus élevée) est préparé. Dans ce cas-ci, l'infrason généré a été de 10.5 Hz.

L'intension de départ de cette expérience était de stimuler, de façon successive, le participant à des fréquences un peu plus élevées ou plus basses que la fréquence alpha spécifique ou à différentes harmoniques de son alpha spécifique.

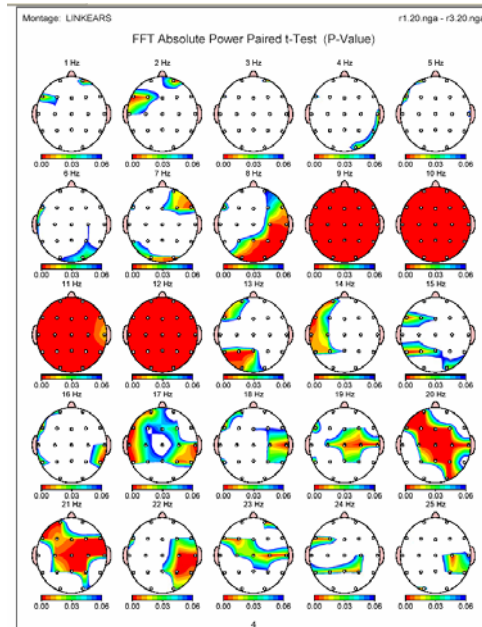


Figure 4. EEG lors d'une stimulation de 10.5 Hz (alpha spécifique du participant). Ceci est en comparaison avec une session de référence (*baseline*).

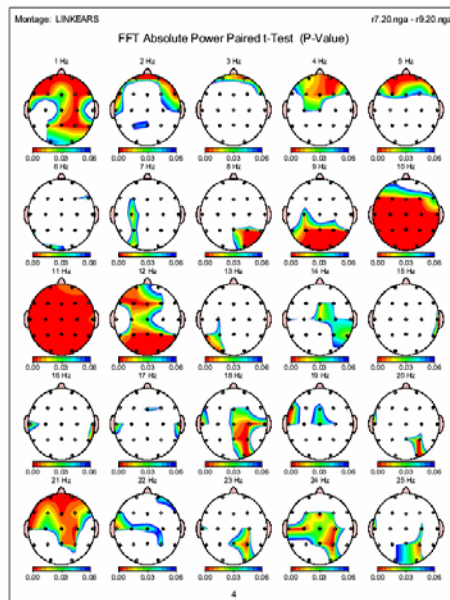


Figure 11. Comparaison d'une session de référence après plus de 45 minutes de l'exposition à l'infrason de 10.5 Hz (Alpha spécifique du participant). Les plages de fréquences 10 et 11 Hz sont encore activées de façon importante.

Des tests ont été conduits dans une chambre anéchoïque ainsi que dans une chambre non anéchoïque. Les résultats sont plus marquants dans la chambre anéchoïque.

L'effet de l'infrason de 10.5 Hz, en comparant avec la session de référence, est important et s'étend sur une plage de 9 à 12 Hz (voir Figure 4). Tel que prévu, l'induction est plus marquée que celle de l'Expérience 1. Aussi, 45 minutes après la stimulation avec l'infrason, l'EEG du participant affiche encore une activation importante autour de la fréquence de stimulation (10-11 Hz) (voir Figure 5). Les commentaires du participant, en ce qui a trait à son état, soulignaient une détente importante, et ce malgré un stimulus sonore (porteuse) assez agressant. La résilience des effets de cet infrason a empêché de faire les stimulations successives diverses qui étaient prévues.

Conclusion

Les résultats de ces expériences démontrent que l'effet des infrasons est physiologiquement détectable et qu'il est avantageux de stimuler près des fréquences fondamentales. À moyen terme, il faudrait répéter ces expériences sur une plus grande population afin d'intéresser la communauté scientifique au potentiel de diagnostic et de traitement que possèdent les infrasons.

Références

- Babilonia, C., Miniussib, C., Babilonia, F., Carduccia, F., Cincottia, F., Del Percio, C., Sirello, G., Fracassib, C., Nobred, A. C., Rossinib, P. M. (2004). Sub-second "temporal attention" modulates alpha rhythms. *Cognitive Brain Research* 19, 259–268.
- De Vooght, G., Van der Goten, K., & Vandierendonck, A. (1998). Duration Reproduction of Meaningful Events: A Matter of Expectancy, Counter/Accumulator and Attention Allocation Processes. In V. De Keyser, G. D'Ydewalle & A. Vandierendonck (Eds.), *Time and the Dynamic Control of Behavior* (pp. 157-175). WA, Hogrefe & Huber Publishers.
- Droit-Volet, S., & Wearden, J. (2002). Speeding up an internal clock in children? Effects of visual flicker on subjective duration. *Quarterly Journal of Experimental Psychology: Comparative and Physiological Psychology*, 55 B (3), 193-211.
- Gallistel, C. R., Mark, T. A., King, A., & Latham, P. (2002). A Test of Gibbon's Feedforward Model of Matching, *Learning and Motivation*, 33, 46-62.
- Krumhansl, C. L. (2000). Rhythm and pitch in music cognition. *Psychological Bulletin*, 126, 159-179.
- Macar, F., & Casini, L. (1998). Brain Correlates of Time Processing. In V. De Keyser, G. D'Ydewalle & A. Vandierendonck (Eds.), *Time and the Dynamic Control of Behavior* (pp. 71-82). WA, Hogrefe & Huber Publishers.
- Meck, W. H., & Benson, A. M. (2002). Dissecting the Brain's Internal Clock: How Frontal–Striatal Circuitry Keeps Time and Shifts Attention. *Brain and Cognition* 48, 195–211.
- Pascual-Marqui, R.D., Esslen, M., Kochi, K., Lehmann, D. (2002). Functional imaging with low resolution brain electromagnetic tomography (LORETA): a review. *Methods & Findings in Experimental & Clinical Pharmacology* 2002, 24C:91-95.
- Penton-Voak, I. S., Edwards, H., Percival, A., & Wearden, J. H. (1996). Speeding Up an Internal Clock in Humans? Effects of Click Trains on Subjective Duration. *Journal of Experimental Psychology: Animal Behavior Processes*, 22 (3), 307-320.
- Pouthas, V. (1999). Le temps de la conscience, la conscience du temps. *Journal de la Société de Biologie*, 193 (4), 411-420.
- Povel, D. J. (1981). Internal representation of simple temporal patterns. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 7(1), 3-18.
- Treisman, M., Cook, N., Naish, P. L. N., & MacCrone, J. K. (1994). The internal clock: electroencephalographic evidence for oscillatory Processes underlying time perception. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 47A (2), 241-289.

-
- Treisman, M., Faulkner, A., Naish, P. L. N., & Brogan, D. (1990). The internal clock: Evidence for a temporal oscillator underlying time perception with some estimates of its characteristic frequency. *Perception*, 19, 705-743.
- Wagner, M. J., & Harding, B. J. (1987). The Effect of Guided Listening Information and Music on the Alpha Brainwave Production of Musicians and Non-musicians. In C. K. Madsen & C. A. Prickett (Eds), *Applications of Research in Music Behavior* (pp. 297-314). Tuscaloosa, AL: University of Alabama.
- Yordanova, J., Kolev, V., & Polich, J. (2001). P300 and alpha event-related desynchronization (ERD). *Psychophysiology*, 38, 143–152.