

Électrophysiologie de la cognition

Tout le catalogue sur
www.dunod.com



P S Y C H O S U P

Sous la direction de
Pascal Hot
Sylvain Delplanque

Électrophysiologie de la cognition

DUNOD

Conseiller éditorial :
Francis Eustache

Illustration de couverture :
Franco Novati

<p>Le pictogramme qui figure ci-contre mérite une explication. Son objet est d'alerter le lecteur sur la menace que représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage.</p> <p>Le Code de la propriété intellectuelle du 1^{er} juillet 1992 interdit en effet expressément la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Or, cette pratique s'est généralisée dans les établissements</p>		<p>d'enseignement supérieur, provoquant une baisse brutale des achats de livres et de revues, au point que la possibilité même pour les auteurs de créer des œuvres nouvelles et de les faire éditer correctement est aujourd'hui menacée.</p> <p>Nous rappelons donc que toute reproduction, partielle ou totale, de la présente publication est interdite sans autorisation de l'auteur, de son éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris).</p>
--	---	--

© Dunod, Paris, 2013
ISBN 978-2-10-059306-4

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes de l'article L. 122-5, 2° et 3° a), d'une part, que les « copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite » (art. L. 122-4).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Liste des auteurs

Ouvrage réalisé sous la direction de :

- Pascal HOT Maître de conférences en neurosciences à l'Université de Savoie (Chambéry), Laboratoire de Psychologie et Neurocognition-UMR 5105.
- Sylvain DELPLANQUE Adjoint scientifique au Centre Inter-facultaire de Sciences Affectives de l'Université de Genève (Suisse).

Avec la collaboration de :

- Aurélié CAMPAGNE Maître de conférences en neurosciences à l'Université Pierre Mendès-France (Grenoble).
- Andy CHRISTEN Chercheur post-doctorant au sein du département de psychologie et du Centre Inter-facultaire de Sciences Affectives de l'Université de Genève (Suisse).
- Didier GRANDJEAN Professeur au sein du département de psychologie et du Centre Inter-facultaire de Sciences Affectives de l'Université de Genève (Suisse).
- Fabien D'HONDT Chargé de cours en neurosciences à l'Université Lille 1.
- Sebastian KORB Chargé de recherche au laboratoire de Paula Niedenthal, Faculté de Psychologie de l'Université du Wisconsin (Madison, USA).
- Christian MARENDAZ Professeur de neuropsychologie cognitive à l'Université Pierre Mendès-France (Grenoble).
- Sonia PELLISSIER Maître de conférences en physiologie, département de psychologie de l'Université de Savoie (Chambéry), chercheur à l'Institut des Neurosciences de Grenoble, INSERM-U836.
- Julie PÉRON Maître-assistante à la faculté de psychologie et des sciences de l'éducation et au Centre Inter-facultaire de Sciences Affectives de l'Université de Genève (Suisse).
- Henrique SEQUEIRA Professeur de neurosciences à l'Université de Lille 1 et Lille 2, Laboratoire Neurosciences Fonctionnelles et Pathologies.

Laetitia SILVERT

Maître de conférences en psychologie et neurosciences à Clermont, Université Blaise Pascal, Laboratoire de Psychologie Sociale et Cognitive, CNRS UMR 6024.

Laurent VERCUEIL

Responsable de l'unité des explorations fonctionnelles du système nerveux, Pôle de Psychiatrie et de Neurologie au CHU de Grenoble, INSERM U836-équipe 9 à l'Institut des Neurosciences de Grenoble.

Table des matières

Avant-Propos	1
INTRODUCTION	3
1. Définitions et généralités	5
2. L'électrophysiologie cérébrale	6
3. L'électrophysiologie périphérique	8
4. Inférences, nomenclature et redondance des mesures	10
4.1 Inférences en électrophysiologie	11
4.2 Réponse, marqueur, concomitant et invariant électrophysiologiques	12
4.3 La redondance des mesures	13
5. Comment concevoir la réaction électrophysiologique	14
6. Principes généraux d'enregistrement de l'activité électrophysiologique	15

PARTIE 1 ÉLECTROPHYSIOLOGIE CÉRÉBRALE

CHAPITRE 1 ÉLECTROENCÉPHALOGRAPHIE	19
1. Introduction	21
2. Principes de l'électrogenèse cérébrale	22
3. Méthodologie	25
3.1 Le matériel d'acquisition	25
3.2 Installation et montage	30
3.3 Acquisition	35
4. Pré-traitement des données EEG – Les artefacts	37
4.1 Artefacts	37
4.2 Méthodes d'élimination des artefacts	38
5. Analyses des données EEG	39
5.1 Les potentiels évoqués	39
5.2 L'activité oscillatoire et la synchronisation locale	40

5.3 La dynamique cérébrale – synchronisation distante	41
5.4 Identification des sources cérébrales	42
6. Applications	44
6.1 Préambule : les rythmes cérébraux et leurs bases physiologiques	44
6.2 La définition des bandes de fréquence	45
6.3 Les signaux physiologiques spécifiques du sommeil	48
7. Recherches cognitives en EEG	49
7.1 Les états de vigilance	49
7.2 Liage perceptif et conscience perceptive	49
8. Les applications cliniques de l'EEG	51
9. Couplage de l'EEG avec d'autres techniques d'exploration	53
CHAPITRE 2 LES POTENTIELS ÉVOQUÉS CÉRÉBRAUX	57
1. Un bref historique	59
2. L'enregistrement et l'extraction des potentiels évoqués	60
2.1 Le moyennage	61
2.2 Le filtrage	63
2.3 L'élimination des artefacts oculaires	64
3. L'interprétation des potentiels évoqués	65
3.1 La notion de composante	66
3.2 Aperçu des différentes méthodes d'analyse	69
4. Exemple d'application : potentiels évoqués et attention visuelle	73
CHAPITRE 3 ENREGISTREMENTS ÉLECTRO-PHYSIOLOGIQUES INTRACÉRÉBRAUX	77
1. Introduction	79
2. Historique	80
3. Contextes et techniques d'enregistrement, types de signaux et méthodes d'analyse	82
3.1 Contextes cliniques	82
3.2 Niveaux d'investigation des processus cérébraux et mesures associées	84
3.3 Types d'électrodes	85
3.4 Méthodes d'analyse	87

4. Avantages et limites de la méthode des enregistrements intracérébraux humains	93
4.1 Avantages	93
4.2 Inconvénients	94
5. Que peuvent nous apporter les enregistrements électrophysiologiques intracérébraux dans la compréhension de la cognition humaine ? Du cas de la perception émotionnelle	96
CHAPITRE 4 LA MAGNÉTOENCÉPHALOGRAPHIE DANS L'ÉTUDE DE LA COGNITION	99
1. Des champs magnétiques à l'étude de l'activité cérébrale	101
1.1 La naissance de la magnétoencéphalographie	101
1.2 Bases biophysiques du signal neuromagnétique	102
1.3 MEG vs EEG : inconvénients et avantages	103
1.4 L'instrumentation en MEG	104
1.5 L'acquisition de signaux MEG	105
1.6 Analyse et interprétation des signaux MEG	106
1.7 L'estimation des sources	108
2. Les apports de la MEG dans l'étude de la cognition : synthèse et illustration	110
2.1 MEG et cognition : aperçu général	110
2.2 MEG et cognition : l'exemple du traitement visuel de stimuli émotionnels	111
3. Conclusions et perspectives	114
Remerciements	115
CHAPITRE 5 LA STIMULATION MAGNÉTIQUE TRANSCRÂNIENNE (SMT)	117
1. Introduction	119
1.1 De Scribonius Largus à Anthony Barker en passant par Michael Faraday	119
1.2 Objectifs du chapitre	119
2. Principes de base et modes d'impulsion de la SMT	120
2.1 Principes de base	120
2.2 Modes d'impulsion	121

3. Seuil moteur et excitabilité corticale	123
3.1 Seuil moteur	123
3.2 Excitabilité corticale	124
4. SMT « cognitive »	126
4.1 Enjeu scientifique : l'inférence « causale »	126
4.2 Les principaux paradigmes expérimentaux	127
5. SMTr clinique	132
6. Perspectives	133
6.1 Mieux comprendre l'effet SMT	133
6.2 Manipuler l'état initial du système neuronal ciblé par la SMT	134

PARTIE 2 ÉLECTROPHYSIOLOGIE PÉRIPHÉRIQUE

CHAPITRE 6 L'ACTIVITÉ ÉLECTRODERMALE DANS L'ÉTUDE DE LA COGNITION	139
1. Des premières recherches en psychologie à l'utilisation en neurosciences	141
2. Modalités d'enregistrement	143
2.1 Techniques d'enregistrement	143
2.2 Le recueil de l'activité électrodermale	144
3. Caractéristiques générales de l'AED	146
3.1 Composantes et nomenclature	146
3.2 Caractéristiques des réponses électrodermales	146
4. Bases neurophysiologiques de l'AED	149
4.1 Facteurs périphériques	149
4.2 Contrôle d'origine centrale	151
5. Contribution de l'AED à l'étude de la cognition et des émotions	154
5.1 AED et cognition	154
5.2 AED et émotions	154
6. Conclusions et perspectives	156
CHAPITRE 7 VARIABILITÉ DU RYTHME CARDIAQUE	157
1. Introduction	159

2. Physiologie cardiaque	159
3. Mesure de l'activité cardiaque : l'électrocardiogramme	160
4. La variabilité du rythme cardiaque	162
4.1 L'arythmie sinusale respiratoire et le tonus vagal	162
4.2 Interprétation des index de variabilité cardiaque	163
4.3 Précautions et mises en garde	168
5. Applications en neurosciences	172
5.1 Les boucles de régulation et le réseau autonome central	172
5.2 La théorie polyvagale	173
5.3 Émotions et axe psycho-neuro-immunologique	174
5.4 Variabilité cardiaque et stress : importance de l'endophénotype	175
CHAPITRE 8 ÉLECTROMYOGRAPHIE (EMG)	179
1. L'électromyographie : définition et usages	181
2. Bases anatomiques et physiologiques du signal EMG	181
2.1 Les muscles striés et la contraction musculaire	181
2.2 Unité motrice et genèse du signal EMG	182
3. L'EMG faciale	183
3.1 Les muscles faciaux	184
4. Enregistrement et analyses de l'EMG faciale	185
4.1 Matériel	185
4.2 Le placement des électrodes	187
4.3 Le traitement du signal	187
5. EMG faciale et imitation	190
6. Combiner l'EMG avec d'autres mesures physiologiques	191
6.1 EMG et EEG	191
6.2 EMG et IRMf	193
7. Conclusions	194
BIBLIOGRAPHIE	195
INDEX DES NOTIONS	207

Remerciements

Nous souhaitons remercier Francis Eustache qui a été à l'origine de l'idée de cet ouvrage, Marie-Laure Davezac-Duhem qui a su l'accueillir avec enthousiasme et les éditions Dunod qui en ont permis la parution. Nous remercions également les collègues et étudiants que nous avons côtoyés ces dernières années et dont le questionnement, le désarroi parfois, face aux mesures « objectives » de la cognition et à leur interprétation n'a fait que renforcer l'idée de la nécessité d'un tel ouvrage.

Avant-Propos

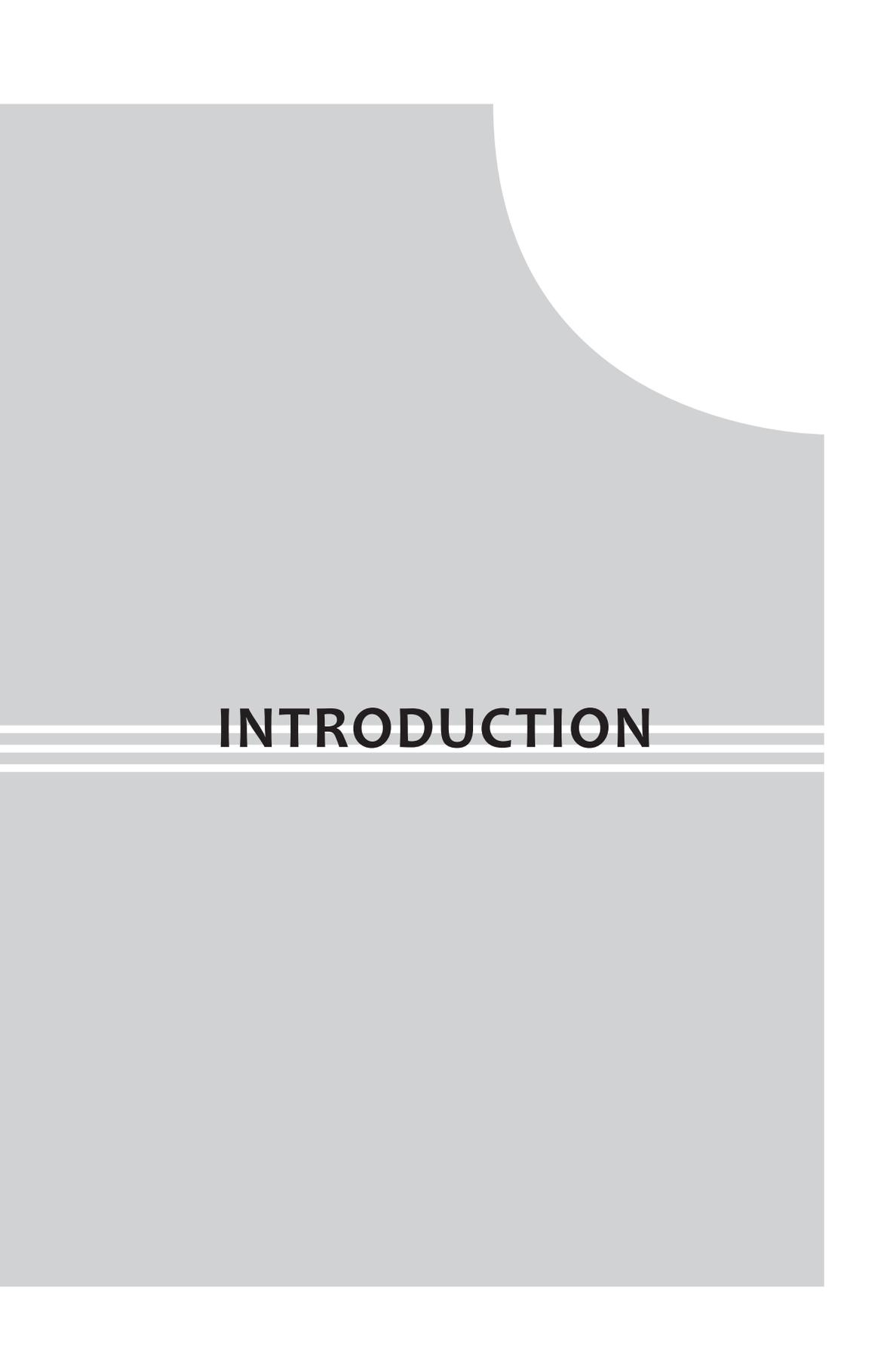
Le but de ce livre est de fournir une présentation détaillée des techniques électrophysiologiques majeures employées chez l'être humain dans le but de mesurer directement et indirectement son fonctionnement cognitif. Il s'adresse à des étudiants ou chercheurs qui se sont déjà engagés dans cette voie ou qui le souhaitent, afin de leur fournir un guide pour le choix, l'enregistrement et l'analyse des signaux électrophysiologiques. Au regard du volume considérable d'études faisant appel à l'électrophysiologie, viser l'exhaustivité nous a rapidement semblé illusoire. Nous avons donc opté pour une organisation sous forme d'une série de chapitres fournissant des bases méthodologiques et des informations pratiques clés sur les différentes techniques électrophysiologiques. Nous espérons que ce choix permettra au lecteur de comprendre les apports et limites de l'électrophysiologie dans l'étude des différentes étapes de traitements cognitifs. Chacun des chapitres de cet ouvrage est construit sur le même format afin de faciliter la comparaison des différentes méthodes. Il aborde tout d'abord un aperçu historique, suivi d'une description de l'origine du signal et de sa mesure. La dernière partie de chaque chapitre aborde l'interprétation et les applications de l'électrophysiologie dans les domaines de la psychologie cognitive et de la clinique à l'aide de plusieurs exemples concrets.

Après une introduction générale du sujet, l'organisation générale de cet ouvrage s'articule autour de deux grandes parties examinant les mesures et la stimulation de l'activité électrique cérébrale pour la première partie suivie d'une série de chapitres examinant les mesures physiologiques périphériques. Le chapitre 1 décrit les grands principes de l'électroencéphalographie. La possibilité d'associer facilement les indices obtenus par cette méthode au décours de l'activité mentale, et les développements récents de méthodes ciblant des réseaux neuronaux très précis explique le développement important de cette partie au travers des trois premiers chapitres. Le premier fournit les informations nécessaires à la bonne compréhension de la mesure et aux différentes méthodes d'analyse disponibles. Le chapitre 2 se focalise sur la méthode la plus couramment employée en psychologie et neurosciences : les potentiels évoqués corticaux, fournissant des indices neurophysiologiques spécifiques à chaque étape de traitement cognitif. Enfin, le chapitre 3 est dédié aux mesures intracrâniennes, dont la pratique s'étend peu à peu, passant ces dernières années d'une utilisation dans le diagnostic, la compréhension et le traitement des pathologies structurales, telle la maladie de Parkinson à des troubles plus fonctionnels, comme la dépression ou les troubles obsessionnels compulsifs. Le chapitre 4 vient clôturer le volet « mesure » de l'activité électrique cérébrale en présentant les apports complémentaires

de la mesure des champs magnétiques générés par l'activité neuronale. Nous l'avons complété par un dernier volet (chapitre 5) qui aborde un domaine au développement récent visant à modifier artificiellement cette activité par le biais de stimulations magnétiques cérébrales.

La seconde partie de cet ouvrage passe en revue différentes mesures dites périphériques. Ces mesures fournissent des indications indirectes mais objectives des activités mentales en évaluant leur répercussion sur l'activité d'un organe périphérique (glande sudoripare, activité cardiaque...). Le premier chapitre de cette partie (chapitre 6) porte sur l'activité électrodermale, reflet de l'activité sudoripare eccrine, et associée dès 1888 à l'état psychophysiologique chez l'Homme. Les chapitres 7 et 8 abordent respectivement l'activité cardiaque au travers des mesures de sa variabilité et l'activité électrique des muscles faciaux dont nous montrerons la sensibilité aux états mentaux.

Nous souhaiterions vivement que le lecteur garde en tête qu'il existe bien d'autres techniques d'électrophysiologie qui ne seront pas abordées dans cet ouvrage. Toutefois, nous émettons le vœu qu'il puisse trouver, au travers de ces lignes, des connaissances ré exploitables dans le cas où sa pratique concerne une mesure non abordée dans le présent ouvrage.



INTRODUCTION

Sommaire

1. Définitions et généralités.....	5
2. L'électrophysiologie cérébrale	6
3. L'électrophysiologie périphérique	8
4. Inférences, nomenclature et redondance des mesures	10
4.1 Inférences en électrophysiologie	11
4.2 Réponse, marqueur, concomitant et invariant électrophysiologiques	12
4.3 La redondance des mesures	13
5. Comment concevoir la réaction électrophysiologique.....	14
6. Principes généraux d'enregistrement de l'activité électrophysiologique	15