

## Electrophysiologie de la cognition

HOT, Pascal (Ed.), DELPLANQUE, Sylvain (Ed.)

### Abstract

L'électrophysiologie au sens large est l'étude de l'activité électrique liée au fonctionnement des organes. Cet ensemble de techniques constitue un outil unique en psychologie clinique car il permet de mieux connaître à la fois la chronométrie mentale des processus cognitifs et leur impact corporel. Ces dernières années, les techniques d'investigations électrophysiologiques se sont profondément enrichies. Les outils de mesure (électroencéphalographie, magnétoencéphalographie, stimulation cérébrale profonde, etc.) se sont faits plus précis et les méthodes d'analyse gagnant en complexité apportent un gain d'informations considérable. Cet ouvrage présente donc les différentes techniques d'enregistrement et de stimulations de l'activité électrique cérébrale et périphérique. En plus d'apporter les informations de base de l'électrophysiologie, il vise à en montrer les intérêts, enjeux et limites.

### Reference

HOT, Pascal (Ed.), DELPLANQUE, Sylvain (Ed.). *Electrophysiologie de la cognition*. Dunod, 2013

Available at:

<http://archive-ouverte.unige.ch/unige:90543>

Disclaimer: layout of this document may differ from the published version.



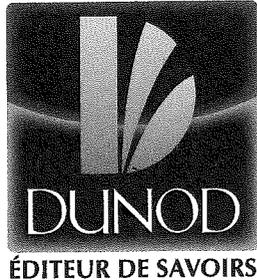
UNIVERSITÉ  
DE GENÈVE

P S Y C H O S U P

Sous la direction de  
Pascal Hot  
Sylvain Delplanque

# Électrophysiologie de la cognition

Tout le catalogue sur  
[www.dunod.com](http://www.dunod.com)



DUNOD

Conseiller éditorial:  
Francis Eustache

Illustration de couverture:  
Franco Novati

Le pictogramme qui figure ci-contre 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. 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).

Le pictogramme qui figure ci-contre représente pour l'avenir de l'écrit, particulièrement dans le domaine de l'édition technique et universitaire, le développement massif du photocopillage. Le Code de la propriété intellectuelle du 1<sup>er</sup> 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



**DANGER**  
LE PHOTOCOPIAGE  
TUE LE LIVRE

© 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 :

- Aurélie 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.

294523/4  
2013

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

---

<b>Avant-Propos</b>	1
INTRODUCTION	3
<b>1. Définitions et généralités</b>	5
<b>2. L'électrophysiologie cérébrale</b>	6
<b>3. L'électrophysiologie périphérique</b>	8
<b>4. Inférences, nomenclature et redondance des mesures</b>	10
4.1 Inférences en électrophysiologie	11
4.2 Réponse, marqueur, concomitant et invariant électrophysiologiques	12
4.3 La redondance des mesures	13
<b>5. Comment concevoir la réaction électrophysiologique</b>	14
<b>6. Principes généraux d'enregistrement de l'activité électrophysiologique</b>	15
<b>PARTIE 1 ÉLECTROPHYSIOLOGIE CÉRÉBRALE</b>	
<b>CHAPITRE 1 ÉLECTROENCÉPHALOGRAPHIE</b>	19
<b>1. Introduction</b>	21
<b>2. Principes de l'électrogenèse cérébrale</b>	22
<b>3. Méthodologie</b>	25
3.1 Le matériel d'acquisition	25
3.2 Installation et montage	30
3.3 Acquisition	35
<b>4. Pré-traitement des données EEG – Les artefacts</b>	37
4.1 Artefacts	37
4.2 Méthodes d'élimination des artefacts	38
<b>5. Analyses des données EEG</b>	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
<b>6. Applications</b>	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
<b>7. Recherches cognitives en EEG</b>	49
7.1 Les états de vigilance	49
7.2 Liage perceptif et conscience perceptive	49
<b>8. Les applications cliniques de l'EEG</b>	51
<b>9. Couplage de l'EEG avec d'autres techniques d'exploration</b>	53
<b>CHAPITRE 2 LES POTENTIELS ÉVOQUÉS CÉRÉBRAUX</b>	57
<b>1. Un bref historique</b>	59
<b>2. L'enregistrement et l'extraction des potentiels évoqués</b>	60
2.1 Le moyennage	61
2.2 Le filtrage	63
2.3 L'élimination des artefacts oculaires	64
<b>3. L'interprétation des potentiels évoqués</b>	65
3.1 La notion de composante	66
3.2 Aperçu des différentes méthodes d'analyse	69
<b>4. Exemple d'application : potentiels évoqués et attention visuelle</b>	73
<b>CHAPITRE 3 ENREGISTREMENTS ÉLECTRO-PHYSIOLOGIQUES INTRACÉRÉBRAUX</b>	77
<b>1. Introduction</b>	79
<b>2. Historique</b>	80
<b>3. Contextes et techniques d'enregistrement, types de signaux et méthodes d'analyse</b>	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

<b>4. Avantages et limites de la méthode des enregistrements intracérébraux humains</b>	93
4.1 Avantages	93
4.2 Inconvénients	94
<b>5. Que peuvent nous apporter les enregistrements électrophysiologiques intracérébraux dans la compréhension de la cognition humaine ? Du cas de la perception émotionnelle</b>	96
<b>CHAPITRE 4 LA MAGNÉTOENCÉPHALOGRAPHIE DANS L'ÉTUDE DE LA COGNITION</b>	99
<b>1. Des champs magnétiques à l'étude de l'activité cérébrale</b>	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
<b>2. Les apports de la MEG dans l'étude de la cognition : synthèse et illustration</b>	110
2.1 MEG et cognition : aperçu général	110
2.2 MEG et cognition : l'exemple du traitement visuel de stimuli émotionnels	111
<b>3. Conclusions et perspectives</b>	114
Remerciements	115
<b>CHAPITRE 5 LA STIMULATION MAGNÉTIQUE TRANSCRÂNIENNE (SMT)</b>	117
<b>1. Introduction</b>	119
1.1 De Scribonius Largus à Anthony Barker en passant par Michael Faraday	119
1.2 Objectifs du chapitre	119
<b>2. Principes de base et modes d'impulsion de la SMT</b>	120
2.1 Principes de base	120
2.2 Modes d'impulsion	121

<b>3. Seuil moteur et excitabilité corticale</b>	123
3.1 Seuil moteur	123
3.2 Excitabilité corticale	124
<b>4. SMT « cognitive »</b>	126
4.1 Enjeu scientifique : l'inférence « causale »	126
4.2 Les principaux paradigmes expérimentaux	127
<b>5. SMTr clinique</b>	132
<b>6. Perspectives</b>	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

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

<b>2. Physiologie cardiaque</b>	159
<b>3. Mesure de l'activité cardiaque : l'électrocardiogramme</b>	160
<b>4. La variabilité du rythme cardiaque</b>	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
<b>5. Applications en neurosciences</b>	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
<b>CHAPITRE 8 ÉLECTROMYOGRAPHIE (EMG)</b>	179
<b>1. L'électromyographie : définition et usages</b>	181
<b>2. Bases anatomiques et physiologiques du signal EMG</b>	181
2.1 Les muscles striés et la contraction musculaire	181
2.2 Unité motrice et genèse du signal EMG	182
<b>3. L'EMG faciale</b>	183
3.1 Les muscles faciaux	184
<b>4. Enregistrement et analyses de l'EMG faciale</b>	185
4.1 Matériel	185
4.2 Le placement des électrodes	187
4.3 Le traitement du signal	187
<b>5. EMG faciale et imitation</b>	190
<b>6. Combiner l'EMG avec d'autres mesures physiologiques</b>	191
6.1 EMG et EEG	191
6.2 EMG et IRMf	193
<b>7. Conclusions</b>	194
BIBLIOGRAPHIE	195
INDEX DES NOTIONS	207

---

## 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 clefs 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

## 1. Définitions et généralités

On regroupe sous les termes d'électrophysiologie de la cognition l'ensemble des techniques permettant de mesurer les activités cérébrales et corporelles en lien avec nos états mentaux. La spécificité de ces techniques parmi le panel de mesures disponibles aux chercheurs est qu'elles se fondent sur les variations de l'activité électrique ou magnétique générée par ces activités, fournissant un éclairage unique du fonctionnement cognitif pour des raisons détaillées plus bas. Ces techniques font partie intégrante d'un ensemble plus vaste de mesures des activités corporelles, regroupées usuellement sous le terme de mesures psychophysiologiques.

La psychophysiologie peut être définie comme l'utilisation d'un ensemble particulier de variables dépendantes ou indépendantes physiologiques dans l'objectif de répondre à des questions de nature psychologique. Ainsi, l'électrophysiologie est un domaine restreint de la psychophysiologie dans lequel les variables considérées ont pour substrat une modification d'une activité électrique (ou magnétique). Bien effectuée, l'électrophysiologie fournit des méthodes indépendantes des reports subjectifs pouvant être obtenus par des questionnaires et des comportements de performance classique comme par exemple les temps de réaction.

Nous avons choisi de vous présenter ce domaine en l'organisant autour de deux ensembles : l'électrophysiologie cérébrale et l'électrophysiologie périphérique. Bien qu'un recouvrement existe entre ces deux domaines, on peut considérer, de manière simplifiée, que le choix du type de mesures est motivé par la réponse qu'elle apporte face à deux types de difficultés classiquement rencontrées par la psychologie expérimentale.

La première difficulté réside dans le fait que la majorité des étapes de traitements cognitifs s'effectuent en dehors du champ de conscience du sujet. L'identification des mécanismes de la pensée, de leur organisation et de leurs interactions s'avère donc une des tâches les plus ardues pour les chercheurs de ce domaine. Bien que la psychologie expérimentale soit parvenue à développer des paradigmes qui ont permis des avancées spectaculaires de nos connaissances sur la cognition humaine, les mesures utilisées (temps de réaction et autres indices de performance) restent indirectes et souffrent de fait des limitations inhérentes à ce type de mesure. L'électrophysiologie centrale, en mesurant en temps réel les changements des activités électromagnétiques sous-tendant ces activités

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

mentales, fournit des informations originales qui restent globalement inaccessibles aux autres méthodes de la psychologie expérimentale.

La seconde difficulté est associée à la nécessité d'employer des échelles d'autoévaluation pour accéder à certains des mécanismes de la pensée. Ces techniques doivent composer avec la subjectivité de la mesure, qui pose de nombreux problèmes. Il est par exemple établi en psychologie que les réponses des participants sont affectées par des biais de désirabilité sociale ou de conformisme qui peuvent amener les participants à donner des évaluations de leur ressenti décalées de leur état psychophysologique véritable. Dans ce cadre, l'électrophysiologie périphérique, en mesurant les réactions physiologiques involontaires, nous renseigne sur les états psychoaffectifs ressentis par les participants.

Il ne faut toutefois pas réduire l'électrophysiologie cognitive à une méthode répondant à certaines limites des mesures comportementales. Nous montrerons tout au long de cet ouvrage que les protocoles d'électrophysiologie fournissent des informations uniques sur l'organisation des processus cognitifs, ou encore sur les liens qui unissent activités mentales et activités corporelles.

## 2. L'électrophysiologie cérébrale

Les mesures électrophysiologiques centrales (ou cérébrales) sont des méthodes permettant de rechercher les activités électromagnétiques cérébrales qui sous-tendent un état, un processus, une étape du fonctionnement de la pensée. Elles fournissent des informations uniques sur le déroulement temporel des opérations mentales et notamment sur la dynamique séquentielle du traitement de l'information. Il est en effet désormais classique de distinguer, parmi les méthodes d'investigation des activités cérébrales, celles privilégiant la précision temporelle et basées sur une mesure directe de l'activité électrique neuronale sous-tendant les processus mentaux, de celles privilégiant la précision spatiale et reposant sur les modifications de l'activité hémodynamique, corollaire d'un apport énergétique nécessaire au bon fonctionnement de ces neurones (voir figure A). Excepté quelques rares techniques, hautement invasives, dont un exemple vous sera donné dans cet ouvrage avec les mesures intracrâniennes (voir chapitre 3), il est en effet impossible d'utiliser chez l'homme une seule méthode d'investigation cérébrale offrant à la fois une résolution spatiale et temporelle précise. Cette impossibilité résulte du fait que les techniques à notre disposition pour identifier *où se passe*

une activité cérébrale donnée, et celles pour identifier *quand se passe* cette activité ne portent pas sur les mêmes signaux.

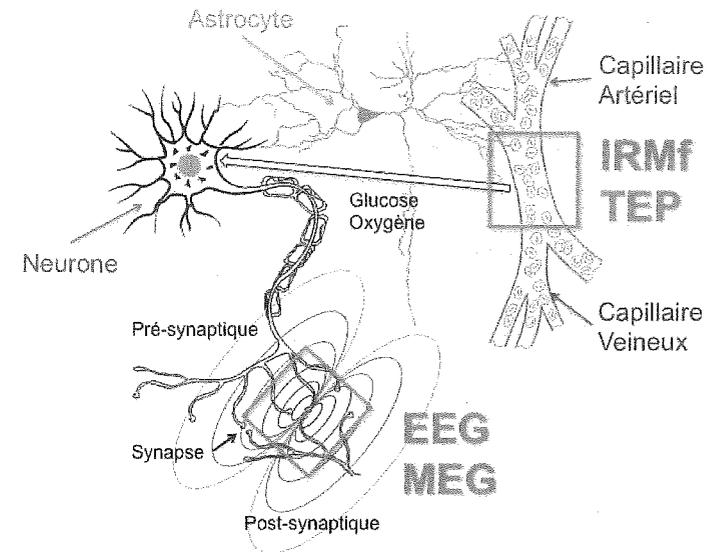


Figure A – Représentation schématique de la provenance des signaux d'origine hémodynamique (IRMf et TEP) et électromagnétique (EEG et MEG)

Toute activité mentale est en effet la résultante d'une activation localisée d'un nombre plus ou moins important de neurones. Cette activation électrique nécessite un apport d'énergie et déclenche donc une activité métabolique au niveau des neurones, qui elle-même va rapidement initier une consommation accrue de glucose et d'oxygène. Pour permettre que l'activité neuronale se prolonge dans le temps, il est donc nécessaire d'apporter ces éléments, *via* le système sanguin et par l'intermédiaire de cellules spécialisées comme les astrocytes, ce qui se traduit par une augmentation de l'activité hémodynamique au niveau capillaire (voir figure A). Les méthodes qui ont été développées au cours des deux derniers siècles ont donc porté soit sur une mesure directe des activités électriques neuronales, soit sur une mesure indirecte des activités métaboliques via la mesure des changements de débit sanguin. Concernant ces dernières, il s'agit principalement des méthodes d'imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) et de tomographie par émission de positons (TEP), dont le lecteur pourra trouver une présentation détaillée ailleurs (voir lectures conseillées). Compte tenu de la densité de la vascularisation cérébrale, ces méthodes se sont avérées particulièrement efficaces pour localiser les régions cérébrales engagées dans une

tâche cognitive donnée. Les applications cliniques de telles mesures ont amené à une explosion des études employant ce type d'indices. Toutefois, l'inertie de la réponse hémodynamique impose une limite de la résolution temporelle de l'ordre de quelques centaines de millisecondes au mieux, réduisant son intérêt pour identifier l'enchaînement des activités cérébrales engagées dans une tâche.

L'ensemble des techniques qui permettent d'observer l'activité électromagnétique qui accompagne la propagation de l'influx nerveux constitue quant à lui l'électrophysiologie cérébrale. Les méthodes électromagnétiques enregistrent directement, en temps réel, généralement sur le scalp (donc à distance des sites actifs), les signaux électriques et magnétiques émis par des réseaux de neurones activés pendant la tâche cognitive étudiée. Ces enregistrements peuvent être réalisés toutes les millisecondes, voire en deçà, mais il est souvent difficile de localiser avec précision la source du signal capté en surface (voir chapitres 1, 2 et 4 pour les détails). Les images électromagnétiques révèlent donc l'activité cérébrale en temps réel mais ont une résolution spatiale assez faible. Cette faiblesse de résolution spatiale est liée, pour la composante électrique (électroencéphalographie, potentiels évoqués, etc.), au fait de la diffusion de l'activité électrique au sein des différents tissus (liquides divers, os, peau, etc.), et, pour l'activité magnétique (magnétoencéphalographie et stimulation magnétique transcrânienne), au fait de sa réduction drastique en fonction de la distance de la source, ce qui limite l'investigation à des couches cérébrales superficielles. Nous examinerons donc dans les différents chapitres associés aux mesures cérébrales comment l'enregistrement et la stimulation électrique cérébrale permettent d'éclairer notre connaissance sur le fonctionnement cérébral sous-tendant la cognition.

### 3. L'électrophysiologie périphérique

La principale spécificité de l'électrophysiologie périphérique est qu'elle reflète indirectement l'activité du système nerveux central (encéphale et moelle épinière). Elle mesure en effet une activité neuronale relayée par le système nerveux périphérique (SNP), constitué des nerfs rachidiens, qui entrent ou sortent de la moelle épinière, et des nerfs crâniens, qui entrent ou sortent de l'encéphale. L'électrophysiologie périphérique mesure principalement les modifications issues d'une sous-partie de ce SNP, appelée système nerveux végétatif (ou autonome), régulant le milieu interne en s'intéressant à des cibles végétatives (muscles lisses des intes-

tins, cœur, glandes). La particularité du SNP végétatif est qu'il n'est pas sous le contrôle direct de l'individu, qui ne peut donc pas en moduler facilement l'activité, même s'il le désire. Il vous sera facile d'en faire l'expérience, en essayant par exemple d'augmenter la sudation de vos mains ou de diminuer votre rythme cardiaque dans 4 secondes.

De nombreuses activités mentales sont à l'origine, de manière contrôlée mais également involontaire (*via* le SNP autonome), de modifications de l'état physiologique qui peuvent être mesurées *via* des modifications électrophysiologiques mesurées sur différents organes cibles. Ces mesures permettent d'avoir une représentation du phénomène physiologique étudié et de la manière dont il varie dans le temps. Puisque cette activité électrique est spontanément générée par le corps, son enregistrement nécessite peu de matériel et consiste généralement à placer une paire d'électrodes de manière appropriée et connectées à un amplificateur. Encore actuellement, le polygraphe, c'est-à-dire un enregistrement permanent d'un ou plusieurs indicateurs périphériques, plus connu par le grand public sous le nom de détecteur de mensonges, demeure un instrument toujours utilisé dans les laboratoires de recherche.

La possibilité de mesurer ces modifications périphériques est à l'origine de la psychophysiologie. Bien que généralement anciennes, ces mesures redeviennent régulièrement d'actualité, notamment par leur simplicité d'emploi et leur coût dérisoire. Actuellement, le renouveau des méthodes thérapeutiques de *bio-feedback* visant à moduler l'état d'activation centrale en entraînant le participant à réguler l'état activité du SNP autonome (voir chapitre 7) et un certain regain des théories « périphéralistes » en psychologie ont remis au goût du jour les enregistrements des activités corporelles pour en examiner les influences sur l'activité cérébrale. Parallèlement, le polygraphe connaît également un regain d'intérêt, avec le développement de paradigmes comportementaux plus rigoureux et répondant mieux aux critères de validité scientifique. La seconde partie de cet ouvrage montre néanmoins qu'il ne faut pas généraliser trop rapidement la simplicité de la mesure avec son interprétation. Tout d'abord, l'utilisation de l'électrophysiologie périphérique dans le domaine de la cognition et des émotions doit se faire en ayant toujours en tête que les changements corporels s'adaptent d'abord à des contraintes physiologiques avant de répondre à des contraintes « psychologiques » : ainsi, le rythme cardiaque sera fortement modulé par l'effort fourni à un moment X et dans une mesure beaucoup plus faible par la tension affective ressentie. De la même manière, l'activité sudoripare répond d'abord à des exigences de thermorégulation, mais des oscillations en marge des changements liés à la température pourront également nous

informer sur l'état de tension affectif d'un individu. La seconde difficulté de ces mesures réside dans la spécificité d'un changement périphérique issu d'une activation du SNP (voir § 1.4.1). Il en résulte que les mesures périphériques sont des indicateurs indirects de l'état psychologique d'intérêt. Une variation électrophysiologique enregistrée en périphérie peut refléter beaucoup de sources de variance différentes (e.g. état général de l'organisme, activité métabolique locale, etc.). Seule une petite part de la variance observée dans le signal est reliée à l'activité psychologique d'intérêt. Quel peut alors être l'avantage majeur de ces mesures qui fait qu'elles sont si souvent utilisées dans la recherche ?

En mesurant un signal électrophysiologique périphérique, le chercheur observe les réactions d'un organe particulier dont la fonction est connue. Ainsi, lorsqu'une activité mentale provoque des réactions au niveau de cet organe, on peut déduire les conséquences fonctionnelles de cette activité mentale (e.g. une augmentation de la fréquence cardiaque produit une augmentation du transport sanguin, de l'oxygène et des nutriments, et donc certainement un apport énergétique à l'organisme accru). En donnant des interprétations fonctionnelles plus précises, le chercheur produit des inférences plus riches et fournit des interprétations plus complètes des conséquences de l'état psychologique étudié.

## 4. Inférences, nomenclature et redondance des mesures

L'objectif de l'électrophysiologie est de mettre en relation un ensemble de variables psychologiques avec un autre ensemble de variables physiologiques (électromagnétiques dans notre cas) afin de gagner de l'information sur le fonctionnement de l'individu. Dans cet objectif, trois points méritent une attention toute particulière. Tout d'abord, l'idée de mettre en relation deux ensembles de variables nécessite des règles afin d'effectuer des interprétations fidèles au modèle hypothético-déductif qui régit la science. Ces règles conditionnent le vocabulaire à utiliser lorsqu'on parle de réaction électrophysiologique. Enfin, s'il s'agit d'apporter de l'information supplémentaire, alors un grand soin doit être apporté à l'indépendance des mesures, au fait de ne pas multiplier les mesures qui fournissent la même information afin d'augmenter la richesse des interprétations fonctionnelles. Nous allons aborder ces trois points plus précisément.

### 4.1 Inférences en électrophysiologie

Lorsque le chercheur souhaite mettre en relation et interpréter des variations observées au niveau des variables électrophysiologiques (dépendantes) avec les processus, états ou étapes psychologiques manipulés (variables indépendantes) il doit garder en tête les associations possibles entre les deux domaines afin de ne pas tirer de mauvaises conclusions et d'apporter une information fonctionnelle supplémentaire. Les relations qui régissent ces deux domaines sont de cinq types :

- Une relation « un à un » telle qu'un processus, un état ou une étape psychologique est associé à un et un seul indice, une seule mesure, une seule dimension électrophysiologique, et *vice versa* (e.g. une composante des potentiels évoqués n'est associée qu'à un processus particulier ; si le processus n'est pas présent, la composante ne sera pas évoquée. Si l'on observe la composante, alors on peut être certain que le processus a été engagé).
- Une relation « un à plusieurs » telle qu'un processus, un état ou une étape psychologique peut être associé à plusieurs indices, mesures ou dimensions électrophysiologiques (e.g. un processus particulier déclenche l'apparition d'une composante précoce, ou d'une autre tardive).
- Une relation « plusieurs à un » telle que plusieurs processus, états ou étapes psychologiques sont associés à un et un seul indice, une seule mesure, une seule dimension électrophysiologique (e.g. une composante des potentiels évoqués est associée à un petit ensemble connu de processus).
- Une relation « plusieurs à plusieurs » telle que plusieurs processus, états ou étapes psychologiques sont associés à plusieurs indices, mesures ou dimensions électrophysiologiques (e.g. plusieurs composantes sont évoquées par plusieurs processus différents).
- Une relation « nulle » telle qu'il n'existe aucune relation entre un processus, un état ou une étape psychologique et un indice, une mesure, une dimension électrophysiologique (e.g. la composante montre des variations qui ne peuvent pas être mises en relation avec le processus d'intérêt).

Étant donné que la majorité des études en électrophysiologie manipulent des variables psychologiques et mesurent des variables physiologiques (à l'inverse de la biologie psychologique), seules la première et la troisième relation sont réellement informatives. En effet, elles seules