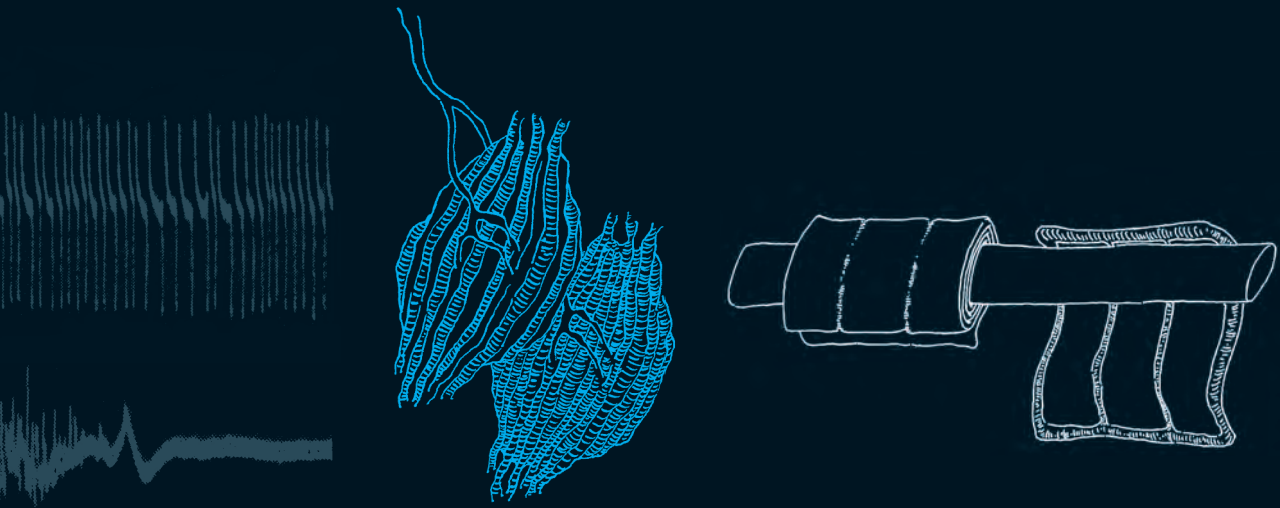


Emmanuel Fournier

# L'électromyographie sans douleur



Médecine Sciences  
Publications

*Lavoisier*



# L'électromyographie sans douleur

*Principes et précautions techniques  
de l'examen*

Emmanuel FOURNIER  
Professeur des universités  
Département de Neurophysiologie clinique  
Groupe hospitalier Pitié-Salpêtrière, Paris

Médecine Sciences  

---

Publications

[www.editions.lavoisier.fr](http://www.editions.lavoisier.fr)

## **Électromyographie**

*L'électromyographie sans douleur* (Volume 1)

Éditions Lavoisier, 2014

*Sémiologie EMG élémentaire* (Volume 2)

Éditions Lavoisier, 2013

*Atlas d'électromyographie* (Volume 3)

Éditions Lavoisier, 2013

*Syndromes EMG d'atteinte des nerfs et des muscles* (Volume 4)

Éditions Lavoisier, 2013

## **Précédentes éditions**

*Examen électromyographique et étude de la conduction nerveuse, sémiologie électrophysiologique des nerfs et des muscles*

Éditions EM Inter-Lavoisier, 1998, 2008

*Atlas d'électromyographie, 300 schémas pour l'exploration des nerfs et des muscles*

Éditions EM Inter-Lavoisier, 2000

Les dessins et schémas de cet ouvrage sont de l'auteur. Les originaux publiés dans la première édition (© Emmanuel Fournier, 1998) ont été complétés par l'auteur, sur ordinateur, pour la présente édition.

*Direction éditoriale* : Fabienne Roulleaux

*Édition* : Céline Poiteaux

*Fabrication* : Estelle Perez

*Couverture* : Isabelle Godenèche

*Mise en pages* : Compo-Méca, 64990 Mouguerre

© 2014, Lavoisier, Paris

ISBN : 978-2-257-70563-1

## Préface et dédicace

Le Professeur Jean Scherrer (1917-2007) avait été autour de 1950 l'un des pionniers en France de l'électromyographie moderne, celle qui enregistre des signaux et laisse des images. Neurologue issu de l'école de La Salpêtrière, résistant engagé dans les forces de libération, il était allé apprendre aux États-Unis les méthodes de physiologie et les techniques d'enregistrement musculaire apparues durant la Seconde Guerre mondiale. On lui doit notamment en neurophysiologie clinique l'une des premières méthodes de moyennage, qui permet d'extraire un signal nerveux pertinent du "bruit de fond" dépourvu de signification. Mais pour Jean Scherrer, la technique ne donnait pas la signification dernière des choses, il n'enseignait pas l'électrodiagnostic sans une distance critique : l'examen était un tout dans lequel la part technique, aussi importante soit-elle, devait rester en accord avec ce qu'on pourrait appeler le *bon sens* clinique, qui toujours avait le dernier mot.

Il a commencé à m'apprendre l'électromyographie en 1980 durant le stage que je faisais dans son service à la fin de mes études de médecine. J'avais entrepris celles-ci comme une propédeutique à la philosophie, sans intention d'être médecin. Lorsqu'il m'a fallu trouver un emploi compatible avec la poursuite de mes recherches, Jean Scherrer m'a proposé un poste d'enseignant à la condition qu'en parallèle je reprenne l'électromyographie dont je m'étais montré à la fois curieux de mettre les principes à l'épreuve et soucieux d'améliorer les conditions. Certains vivent en taillant des verres qui permettent de voir mieux et plus loin ; pour moi, ce serait en mettant en forme des signaux qui fassent voir.

Jean Scherrer avait rédigé la préface de la première édition de cet ouvrage mais n'a pas eu le temps de la reprendre pour la deuxième comme il le voulait. Je citerai un passage de son premier texte où transparait l'esprit subtil, attentif et mesuré qui était le sien :

*« L'une des originalités marquantes du présent ouvrage est de ne pas avoir été précédé d'un flot de publications préliminaires. Celles-ci auraient aussi bien pu prendre l'aspect de communications sur quelque point limité que d'articles ou de revues générales. [L'auteur] a probablement considéré qu'ayant en chantier la préparation d'un travail majeur il était superflu d'y procéder. On peut éventuellement le regretter, mais il est équitable de souligner que ce faisant, il n'a pas sacrifié aux excès actuels. »*

Dans cet extrait, il ne s'étonnait plus en fait que j'aie résisté à ses injonctions d'écrire des articles, mais du retour qui était fait à un usage ancien du livre, contre un certain usage scientifique actuel où le livre se réduit à une compilation de données déjà publiées qu'on espère peut-être prémunir ainsi d'un oubli pressenti. Bref, un objet mort avant même d'être né. Mais il y a eu en sciences, et il y a toujours ailleurs, d'autres usages du livre qui font de celui-ci un véritable espace de travail, de recherche et de réflexion, donnant l'occasion de confronter diverses notions, de les mettre en relation et de les tester les unes par les autres. Réserver un espace pour l'évaluation synthétique et critique d'un domaine, chercher à pousser à bout les clarifications sont certainement tout aussi indispensables à la compréhension et à l'avancée des problématiques que l'écriture d'articles analytiques sur des sujets restreints.

C'est à cet usage vivant que voudrait souscrire la troisième édition de cet ouvrage, suivant la direction ébauchée par les deux premières. Je la dédie à la mémoire de Jean Scherrer, en hommage, et en témoignage de ma profonde gratitude pour l'attention persévérante avec laquelle il m'a aidé à avancer sur un chemin dont ni lui ni moi ne voyions ce qu'il pourrait être.

Je voudrais aussi rendre hommage dans cette préface au Professeur Louis Gougerot (1915-1985), qui a indirectement influencé mes recherches en général et le présent ouvrage en particulier. Pour cet esprit aussi mobile que passionné, le savoir n'avait pas de frontières ni de disciplines. En montrant des correspondances entre des domaines inattendus, il donnait à penser – sans chercher à le théoriser – qu'au-delà des apparences, les choses peuvent s'unir dans des formes secrètes. Il m'a initié aux principes les plus intimes de l'électrophysiologie, mais aussi au calcul symbolique et aux « transformées », ces opérations de mathématiques qui permettent de résoudre de façon simple un problème apparemment insoluble, à condition de lui faire d'abord subir une transformation et de ramener ensuite la solution dans son monde initial par l'opération inverse. C'est un peu à ce genre de transformées que se livre l'électrodiagnostic, où il est nécessaire de déplacer les problèmes posés par les patients dans des espaces différents.

Emmanuel Fournier

*Paris, octobre 2013*

# Remerciements

J'adresse mes remerciements les plus vifs à tous ceux qui ont contribué à la réalisation des quatre livres de cette nouvelle édition et de ceux qui les ont précédés :

Marianne Arzel-Hézode, Nicolas Danziger, Hélène Turmel et Jean-Claude Willer ont testé les méthodes et les points de vue dont ces livres sont le fruit. Ils les ont nourris de leur regard à la fois complice et critique en me signalant sans relâche ce qui demandait à être éclairci.

Mes autres collègues d'électromyographie de La Salpêtrière – notamment Jacques d'Anglejan, Fleur Aubart, Arielle Azoulay, Alain de Billy, Techa Beillevaire, Pierre Bouche, Gaëlle Bruneteau, Catherine Lafitte, Timothée Lenglet, Thierry Maisonobe, Marie-Annick Travers et Karine Viala – ont enrichi ce livre de leur expérience personnelle au travers de nos discussions régulières à propos de cas de patients. Sur de nombreux points, ce livre est l'expression de façons de voir que nous avons partagées et des évaluations qu'ils ont faites dans leur pratique quotidienne des techniques exposées ici.

Anne Aumont et Ghislaine Therme depuis tant d'années, mais aussi Jeanine Barthe et Monique Guégan lors de la première édition, Olivier Capp, Isabelle Goursaud, Corinne Guilherm, Christelle Hannebelle, m'ont apporté leur soutien technique et amical au cours des milliers d'examens sur lesquels ces livres s'appuient. Ils m'ont aidé à servir les patients et à prendre les bonnes images, celles qui assurent le diagnostic.

Les patients ont été examinés dans le département de Neurophysiologie clinique de l'hôpital Pitié-Salpêtrière ainsi que dans ses antennes du bâtiment Mazarin puis de l'Institut de Myologie. Catherine Lafaye et toute son équipe ont assuré l'organisation des examens et ont fait de leur mieux pour me rendre le travail plus léger.

Bruno Eymard, Bertrand Fontaine, Jean-Marc Léger, Vincent Meininger, François Salachas et les médecins de leurs équipes – notamment, à l'Institut de Myologie, Anthony Béhin, Pascal Laforêt, Tanya Stojkovic, Savine Vicart, – m'ont confié leurs patients. L'évaluation des diagnostics et des services rendus qui s'est effectuée dans nos échanges hebdomadaires a permis que le contenu de ces livres soit mis à l'épreuve et s'affine constamment au fil des ans dans les différents registres des atteintes des nerfs et des muscles.

Guy Chauplannaz, Alain Furby, Pierre Guihéneuc, Thierry Kuntzer, Annick Labarre-Vila, Michel Magistris, Yann Péréon, Jean Pouget, Pierre Soichot, Christophe Vial, François Wang m'ont fait part de leurs conseils et de leurs critiques amicales qui ont constitué des stimulations précieuses pour clarifier et préciser les positions prises dans la première édition.

Damien Sternberg a apporté aux deuxième et troisième éditions l'assise génétique qui a conforté sur bien des points les faits présentés dans la première.

François Delaporte m'a encouragé à approfondir l'étude de l'histoire de l'électrodiagnostic et de l'électrothérapie. Il m'a ouvert des portes bibliographiques anciennes qui ont étendu les analyses de la première édition. Nous sommes au moins deux à croire que, même dans le domaine d'une technique évolutive, le passé peut éclairer le présent et peut-être l'avenir.

Que tous reçoivent ici l'expression de ma profonde reconnaissance. Mon souhait serait que ce livre leur plaise et soit à la hauteur de la confiance qu'ils m'ont témoignée en m'aidant à le porter.



# Table des matières

<b>Préface et dédicace</b> .....	III
<b>Remerciements</b> .....	V
<b>Abréviations et notations</b> .....	XI
<b>Introduction. Principes et objectifs de l'examen</b> .....	1
Un seul examen, mais une variété de techniques.....	2
Chercher des signes à interpréter.....	3
Rigueur technique demandée.....	5
Une place originale pour la technique vis-à-vis du patient .....	6
Méthode et plan de l'ouvrage.....	8
D'une édition à l'autre .....	12

## **Partie I** **Histoire de la sémiologie** **électrophysiologique**

<b>1. Examen de stimulation : agir pour différencier</b> .....	17
Appréhension électrique des maladies .....	17
L'électricité a été thérapeutique avant d'être diagnostique .....	18
Individualisation de l'électrodiagnostic.....	20
Progrès liés à l'introduction d'une nouvelle forme de courant .....	24
Progrès liés au déplacement du point d'application du courant .....	26
Progrès liés à la répétition des stimulations.....	27
Disparition de l'examen de stimulation simple .....	28
L'héritage de l'examen de stimulation .....	31
<b>2. Examen de détection : enregistrer pour reconnaître</b> .....	33
Les débuts de l'enregistrement électromyographique .....	34
Avancées conceptuelles et techniques .....	35
Premières applications cliniques de l'EMG.....	36
Développements ultérieurs de la sémiologie EMG.....	38
Vers une compréhension fonctionnelle .....	40

<b>3. Examen de stimulo-détection : former pour distinguer</b> .....	41
Débuts des études de la conduction nerveuse .....	42
Premières applications cliniques de l'étude de la conduction nerveuse.....	43
Développement de la sémiologie de la conduction motrice .....	45
Études indirectes de la conduction sensitive .....	48
Enregistrement de potentiels sensitifs.....	48
<b>4. Une situation particulière : l'électrodiagnostic de guerre</b> .....	53
Guerre de Sécession .....	54
Première Guerre mondiale.....	55
Seconde Guerre mondiale .....	57
Faut-il chercher des innovations conceptuelles ? .....	57

## Partie II

### Éléments de physiologie et de physiopathologie des nerfs et des muscles

<b>5. Électrophysiologie des membranes nerveuses et musculaires</b> .....	61
Décomposition élémentaire des fonctions électriques membranaires .....	61
La membrane et ses canaux .....	62
Maintien d'un potentiel de repos.....	63
Excitabilité de la membrane.....	66
Genèse d'un potentiel d'action.....	68
Dysfonctions électriques des membranes axonales et musculaires.....	72
Résumé de l'effet et du froid sur les dysfonctions.....	79
<b>6. Électrophysiologie des fibres nerveuses et des nerfs</b> .....	81
Propagation par courants locaux .....	81
Conduction saltatoire par les fibres nerveuses .....	83
Classification électrophysiologique des altérations de la conduction nerveuse.....	87
Dysfonctions primitives de la membrane axonale .....	87
Démýélinisations.....	88
Atteintes axonales structurales.....	90
Facteurs structuraux de susceptibilité aux pathologies.....	94
<b>7. Électrophysiologie des fibres musculaires et des unités motrices</b> .....	99
Soutien structural des fonctions musculaires.....	99
Activation volontaire des unités motrices .....	104
Déclenchement électrique de la contraction mécanique .....	105
Classification fonctionnelle des désordres musculaires .....	109
Dénervation des fibres musculaires.....	109
Altérations structurales primitives .....	114

<b>8. Électrophysiologie de la transmission neuromusculaire .....</b>	<b>119</b>
Structure de la jonction neuromusculaire .....	120
Réception post-synaptique de l'acétylcholine.....	122
Libération présynaptique de l'acétylcholine .....	124
Physiopathologie de la transmission neuromusculaire.....	127

## **Partie III**

### **Précautions pratiques d'électrophysiologie**

<b>9. Examiner sans nuire .....</b>	<b>133</b>
Électrode de terre.....	133
Dangers de la stimulation électrique.....	135
Dangers de l'examen à l'aiguille .....	135
Notion d'acharnement diagnostique.....	136
Organisation générale de l'examen .....	136
<b>10. Stimuler sans faire mal.....</b>	<b>139</b>
Paramètres techniques de stimulation électrique.....	140
Décomposition des sensations selon l'intensité du courant .....	146
Paramètres techniques de la douleur électrique.....	147
Appréhension et vécu de la sensation électrique .....	151
<b>11. Enregistrement et mise en forme des signaux .....</b>	<b>155</b>
Mise en forme des signaux par les tissus conducteurs .....	156
Électrodes de recueil : types et effets.....	160
Piquer sans faire mal .....	165
<b>12. Amplification et mesure des signaux.....</b>	<b>169</b>
Poursuite de la mise en forme par amplification et filtrage.....	169
Mesure et erreurs de mesure des signaux.....	175
Mesure de distance.....	179
Mesure de température .....	180
Liste du petit matériel nécessaire à un examen EMG .....	182
<b>13. Diagnostic et traitement des artefacts .....</b>	<b>183</b>
Lutte contre l'artefact de stimulation .....	183
Lutte contre l'artefact de secteur .....	186
Autres artefacts continus périodiques.....	189
Bruits continus non périodiques .....	190
Artefacts discrets .....	192

## Partie IV

### L'enquête sémiologique : de la recherche d'anomalies à la rédaction du compte rendu

<b>14. La question des normes</b> .....	195
Normalité ou non d'un résultat : un problème mal posé .....	196
Introduction de la notion d'anomalie et décomposition du problème en deux .....	198
Comment juger s'il y a anomalie ? .....	200
Différentes méthodes pour apprécier les valeurs habituelles .....	202
Comment constituer une population « normale » de référence ? .....	206
Conclusions préliminaires .....	208
<b>15. Stratégie générale d'interprétation des anomalies</b> .....	209
Les multiples interprétations possibles d'une anomalie .....	209
Comment juger du caractère pathologique ou non d'une anomalie ? .....	210
Construction de tableaux sémiologiques .....	213
<b>16. Compte rendu de l'examen</b> .....	215
Le résumé clinique .....	215
Tableaux de résultats des différentes techniques .....	216
Rédaction de la conclusion du compte rendu .....	218
Comment énoncer les difficultés de conclusion ? .....	222
Retour sur l'interprétation des symptômes et des signes cliniques .....	223
<b>17. Une compréhension fonctionnelle des affections</b> .....	227
L'ancrage anatomo-clinique de l'électrodiagnostic .....	227
Le cas des anomalies fonctionnelles .....	229
Retournement .....	230
<b>18. L'EMG du futur, l'imagerie neuromusculaire fonctionnelle</b> .....	233
L'imagerie neuro-musculaire fonctionnelle (INM) .....	233
Étude S-INM de la conduction nerveuse .....	235
Diagnostic différentiel INM des neuropathies et des myopathies .....	238
Que conclure de l'avenir pour le présent ? .....	239
 <b>Planches d'instruments et d'images EMG</b> .....	 241
<b>Bibliographie</b> .....	255
<b>Index</b> .....	277
Index des noms propres et des maladies, signes et syndromes à nom propre .....	277
Index général .....	279

## Abréviations et notations

<b>ACh</b>	acétylcholine	<b>MuSK</b>	<i>muscle specific kinase</i>
<b>ACh-estérase</b>	acétylcholinestérase	<b>Na<sup>+</sup></b>	sodium, sodique
<b>AD</b>	amplitude distale	<b>Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>ATPase</b>	sodium/potassium adénosine-triphosphatase
<b>ADM</b>	<i>abductor digiti minimi</i> , abducteur du petit doigt	<b>PAN</b>	périartérite noueuse
<b>APB</b>	<i>abductor pollicis brevis</i> , court abducteur du pouce	<b>PFM</b>	potentiel(s) de fibre musculaire
<b>ATP</b>	adénosine triphosphate	<b>PLD</b>	potentiel(s) lent(s) de dénervation
<b>Ca<sup>2+</sup></b>	calcium, calcique	<b>PPSE</b>	potentiel post-synaptique exciteur
<b>Cl<sup>-</sup></b>	chlore, chlorure	<b>PPSI</b>	potentiel post-synaptique inhibiteur
<b>CMT</b>	maladie de Charcot-Marie-Tooth	<b>PROMM</b>	myopathie myotonique proximale
<b>CPK</b>	créatine phosphokinase	<b>PUM</b>	potentiel(s) d'unité motrice
<b>DHP</b>	dihydropyridine	<b>RACH</b>	récepteurs à l'acétylcholine
<b>div.</b>	division d'image, intervalle entre deux points	<b>SF-EMG</b>	électromyographie en fibre unique ( <i>single fiber-EMG</i> )
<b>EDB</b>	<i>extensor digitorum brevis</i> , court extenseur des orteils, pédieux	<b>S-INM</b>	stimulo-INM
<b>EMG</b>	électromyographie, électromyographique	<b>SLA</b>	sclérose latérale amyotrophique
<b>ENMG</b>	électroneuromyographie	<b>SPE</b>	nerf sciatique poplité externe, ou péronier, fibulaire
<b>GABA</b>	acide gamma-aminobutyrique	<b>SPI</b>	nerf sciatique poplité interne, ou tibial
<b>GAD</b>	glutamate décarboxylase	<b>TTX</b>	tétradotoxine
<b>HNPP</b>	neuropathie par hypersensibilité à la pression	<b>VC</b>	vitesse de conduction
<b>INM</b>	imagerie neuromusculaire fonctionnelle	<b>VCM</b>	vitesse de conduction motrice
<b>K<sup>+</sup></b>	potassium, potassique	<b>VCP</b>	vitesse de conduction proximale
<b>LCR</b>	liquide céphalo-rachidien	<b>VCS</b>	vitesse de conduction sensitive
<b>LD</b>	latence distale	<b>VCSM</b>	vitesse de conduction sensitivo-motrice
		<b>VCSP</b>	vitesse de conduction sensitive proprioceptive

Professeur des universités et praticien hospitalier, **Emmanuel Fournier** dirige le département de Neurophysiologie clinique du groupe hospitalier Pitié-Salpêtrière, Paris.

# L'électromyographie sans douleur

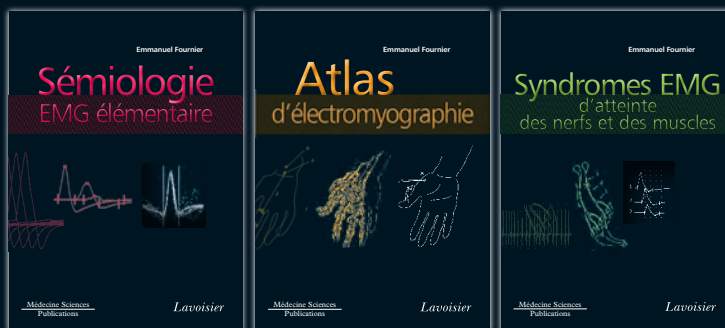
Ce premier volume de la collection étudie les procédés techniques et méthodologiques permettant de mettre l'électricité au service du diagnostic des atteintes des nerfs et des muscles. Faite en termes simples, l'étude des principes d'électrophysiologie vise à la fois à :

- comprendre ce qui se fait dans la mise en forme des signaux neuromusculaires et comment parvenir à un examen de rigueur et de précision ;
- souligner les précautions à prendre pour se débarrasser des artefacts et réduire les erreurs ;
- identifier la meilleure façon de manipuler l'électricité pour pratiquer une **électromyographie sans douleur**.

S'ensuivent des conclusions pratiques qui concernent à la fois les méthodes de stimulation, d'enregistrement et d'analyse des signaux, communes aux différentes techniques d'électromyographie.

Parallèlement, l'étude de la mise au point des techniques au fil de l'histoire met en évidence les particularités du point de vue électrophysiologique vis-à-vis de la clinique. L'analyse conduit à éclaircir les questions de normes et d'interprétation des résultats, en tenant compte des particularités des patients et des possibilités techniques. Il en découle un certain nombre d'indications pour la conduite générale de l'examen et la rédaction du compte rendu.

L'électromyographie est un examen incontournable pour le diagnostic et l'évaluation des atteintes des nerfs et des muscles. Sa réalisation pratique soulève à la fois des questions de technique, de sémiologie, d'anatomie et de pathologie. C'est à ces différentes questions que répondent les quatre volumes de la collection **Électromyographie**.



[www.editions.lavoisier.fr](http://www.editions.lavoisier.fr)

