

**UNIVERSITE HASSAN II  
FACULTE DE MEDECINE ET DE PHARMACIE  
DE CASABLANCA**

Année 2006

THESE N°34

**PLACE DE L'EMG DANS L'INDICATION  
CHIRURGICALE DES HERNIES DISCALES  
LOMBAIRES**

**THESE**

PRESENTEE ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE.....2006

PAR

**Mlle. Siham BELARBI**

Née le 21 Avril 1979 à Sidi Bennour

**POUR L'OBTENTION DU DOCTORAT EN MEDECINE**

**MOTS CLES : ELECTROMYOGRAPHIE – POTENTIELS EVOQUES MOTEURS – POTENTIELS  
EVOQUES SOMESTHESQUES – PRONOSTIC CHIRURGICAL**

**JURY**

**Mr. A. EL AZHARI**

*Professeur de Neurochirurgie*

**PRESIDENT**

**Mr. A. NAJA**

*Maître de Conférence Agrégé de Neurochirurgie*

**RAPPORTEUR**

**Mr. A. SAMI**

*Professeur de Neurochirurgie*

**Mr. H. EL KABLI**

*Maître de Conférence Agrégé de Médecine Interne*

**JUGES**

**Mr. J. HASSOUN**

*Maître de Conférence Agrégé d'Urgences Traumatologie*

**Mr. M. A. RAFAI**

*Professeur Assistant de Neurologie*

**MEMBRE  
ASSOCIE**



PLAN

<u>INTRODUCTION</u> .....	3
<u>CHAPITRE 1</u> .....	7
<u>RAPPEL BIOMECHANIQUE ET PHYSIOPATHOLOGIQUE DE LA REGION LOMBO-SACREE</u> :.....	8
<u>A). Rappel sur le canal rachidien lombaire et son contenu</u> :.....	8
1).Les parois du canal rachidien.....	8
2).Le contenu.....	8
<u>B). Dégénérescence discale</u> .....	14
<u>C). La hernie discale</u> .....	17
<u>D). Les mécanismes de la douleur</u> :.....	24
a). facteurs mécaniques.....	24
b).facteurs chimiques.....	25
c).facteurs neurophysiologiques.....	26
<u>CHAPITRE2</u> :.....	28
<u>PLACE DE L'EMG DANS L'EXPLORATION DES RADICULOPATHIES DES MEMBRES INFERIEURS</u> :.....	29
<u>A). Anatomophysiologie du nerf périphérique</u> :.....	29
*structure et organisation générale des fibres nerveuses.....	29
*potentiels membranaires et conduction nerveuse.....	32

*motricité, notion d'unité motrice.....	33
*contraction volontaire.....	34
*phénomène de réinnervation.....	34
<u>B). EMG : définition et interprétation :</u> .....	36
*définition.....	36
*interprétation des explorations électrophysiologiques.....	39
<u>C). EMG de détection :</u> .....	41
*historique.....	41
*technique.....	41
*informations apportées par la détection.....	44
*intérêts et limites de la détection dans le cadre des radiculopathies des membres inférieurs.....	48
<u>D). EMG de stimulodétection :</u> .....	54
<u>1). Vitesse de conduction nerveuse :</u> .....	54
*historique.....	55
*principes : .....	55
-vitesse de conduction motrice.....	55
-vitesse de conduction sensitive.....	58
*paramètres pouvant modifier la vitesse de conduction : .....	61

-humains.....	61
-biologiques.....	61
-techniques.....	62
2). <u>Résultats de la mesure des vitesses : intérêts et limites.....</u>	63
3). <u>Mesures des vitesses de conduction proximales, réponses tardives (réflexe H et onde F) :.....</u>	65
* <u>réflexe H</u> :.....	65
a).définition.....	65
b).historique.....	65
c).technique.....	66
d).interprétation.....	67
e).avantages et inconvénients.....	69
* <u>onde F</u> :.....	70
a).définition.....	70
b).historique.....	70
c).technique.....	71
d).interprétation.....	71
e).avantages.....	72
4). <u>Tableau comparatif des caractéristiques du réflexe H et de l'onde F...74</u>	74
5). <u>Valeurs et limites des réponses tardives H et F dans les radiculopathies.....</u>	75
6). <u>Potentiels évoqués somesthésiques et moteurs : .....</u>	80
*définition et intérêt.....	80
*potentiels évoqués moteurs (PEM).....	81
-définition.....	81
-historique.....	82
-technique.....	82

-résultats et interprétation.....	83
*potentiels évoqués somesthésiques (PES).....	84
-définition de la fonction somesthésique.....	84
-technique.....	84
-Résultats et interprétation.....	85

### CHAPITRE 3 :.....86

#### PERFORMANCES DE L'EMG POUR LE DIAGNOSTIC DE LA SCIATIQUE D'ORIGINE DISCALE :.....87

A). Apports et limites des mesures de vitesses de conduction nerveuse (stimulodétection) dans la lombosciatique d'origine discale.....	92
B). Apports et limites des PEM et des PES dans l'exploration des lomboradiculalgies d'origine discale.....	95
C). Indications des explorations neurophysiologiques.....	100

### CHAPITRE 4 :.....104

#### EVALUATION DE L'INTERET DIAGNOSTIQUE ET PRONOSTIQUE DE L'ELECTROMYOGRAPHIE PREOPERATOIRE DANS LA CHIRURGIE DISCALE : ..105

1). Patients.....	107
2). Examens électrophysiologiques.....	108
3). Résultats de la chirurgie à long terme.....	110
4). Valeurs des explorations électrophysiologiques sur les résultats postopératoires.....	112
5). Discussion.....	115

<u>CONCLUSION</u> .....	123
<u>RESUME</u> .....	125
<u>BIBLIOGRAPHIE</u> .....	129



# ABBREVIATIONS



HD : hernie discale.

TDM : tomodensitométrie.

IRM : imagerie en résonance magnétique nucléaire.

LCR : liquide céphalorachidien.

EMG : électromyographie.

PUM : potentiel d'unité motrice.

PE : potentiel évoqué.

PES : potentiel évoqué sensitif.

PEM : potentiel évoqué moteur.

PESS : potentiel évoqué somesthésique.

PESS-D : potentiels évoqués somesthésiques dermatomaux.

TCMC : temps de conduction motrice centrale.

VCN : vitesse de conduction nerveuse.

SPI : sciatique poplité interne.

SPE : sciatique poplité externe.



# INTRODUCTION

Les radiculopathies, le plus souvent d'origine discale, sont un motif fréquent de consultation dans les laboratoires de neurophysiologie clinique.

Pour certains cliniciens, les bilans neurophysiologiques apparaissent peu utiles et secondaires pour la prise en charge d'une radiculopathie, pour d'autres au contraire ces bilans sont indispensables (46).

Les progrès importants de l'imagerie en neuroradiologie, les facilités d'accès à ces techniques, la qualité des images ont modifié la prise en charge des pathologies radiculaires.

De manière générale, devant une symptomatologie radiculaire cliniquement typique, l'imagerie en résonance magnétique nucléaire (IRM) suffit au diagnostic et à la mise en place d'un traitement (46).

Cependant, bien que les examens neuroradiologiques soient très sensibles et très informatifs sur le plan topographique et étiologique, des études récentes ont souligné leur manque de spécificité.

Pour une population normale, des images pathologiques sont décrites dans une proportion non négligeable de sujets variant de 33% à 52%. Ce pourcentage d'anomalies s'accroît avec l'âge de la population étudiée (66,45).

Il devient alors très important d'apporter une signification pathologique à l'image décrite par le neuroradiologue.

De part sa spécificité, en aidant à identifier les patients avec un vrai syndrome radiculaire, en aidant à exclure d'autres pathologies, l'électromyographie n'apparaît plus secondaire et devient complémentaire de l'examen clinique et de l'imagerie.

Elle contribue à optimiser la prise en charge et à éviter des traitements chirurgicaux inutiles.

De façon très claire, le but de l'EMG n'est pas d'être très sensible mais d'être au contraire très fiable et spécifique, afin de donner une signification fonctionnelle aux images observées.

Les objectifs de ces explorations neurophysiologiques seront de préciser la topographie fonctionnelle : le siège radiculaire ou non de l'atteinte, le niveau radiculaire, de caractériser et quantifier la lésion axonale et /ou démyélinisante, afin de définir au mieux la sévérité et le pronostic fonctionnel de l'atteinte nerveuse.

La méthodologie se doit d'être rigoureuse et doit répondre à certaines obligations techniques. Le protocole habituel comprend une étude électromyographique, une stimulodétection explorant les contingents moteurs et sensitifs sur leur versant proximal et distal (94).

Nous nous proposons au cours de ce travail de discuter l'intérêt de cet examen dans l'indication chirurgicale de l'hernie discale lombaire, et d'apporter des éléments de jugement supplémentaires sur ce point.

\*Dans un premier temps nous rappèleront certaines notions biomécaniques et physiologiques de base.

\* Dans la deuxième partie, nous développerons les avantages et les inconvénients de l'EMG dans le bilan des radiculopathies en insistant tout particulièrement sur l'aspect réflexologique.

\*La troisième et la quatrième partie ouvriront la discussion sur l'intérêt de l'EMG dans l'indication chirurgicale de l'hernie discale lombaire.



# CHAPITRE : 1

RAPPEL BIOMECANIQUE ET PHYSIOPATHOLOGIQUE DE LA  
REGION LOMBO-SACREE :

A/. RAPPEL SUR LE CANAL RACHIDIEN LOMBAIRE ET  
SON CONTENU : (53, 86)

❖ 1). Les parois du canal rachidien (schéma n1) :

- La paroi antérieure : constituée par le mur postérieur du corps vertébral et la face postérieure du disque intervertébral.
- La paroi latérale : formée par les pédicules.
- La paroi postérieure : faite par les lames et les apophyses articulaires.

❖ 2). Le contenu :

Le canal rachidien contient des éléments neurologiques et leurs méninges, de la graisse, des veines et des artères.

➤ a).– Les éléments neurologiques :

Le sac dural contient les racines de la queue de cheval, les méninges et le LCR.

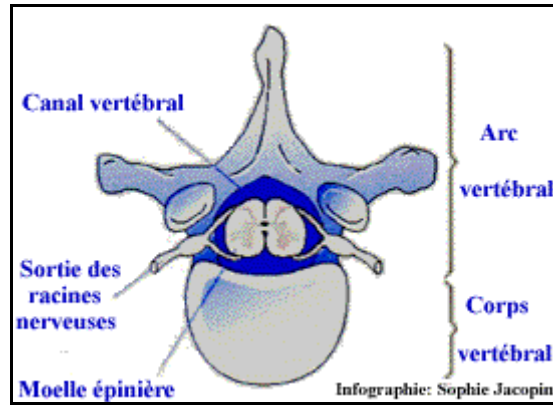
- Les racines L5 : naissent au milieu de l'apophyse épineuse de D12.

- Les racines S1 : prennent naissance au dessous de l'épineuse de L2.

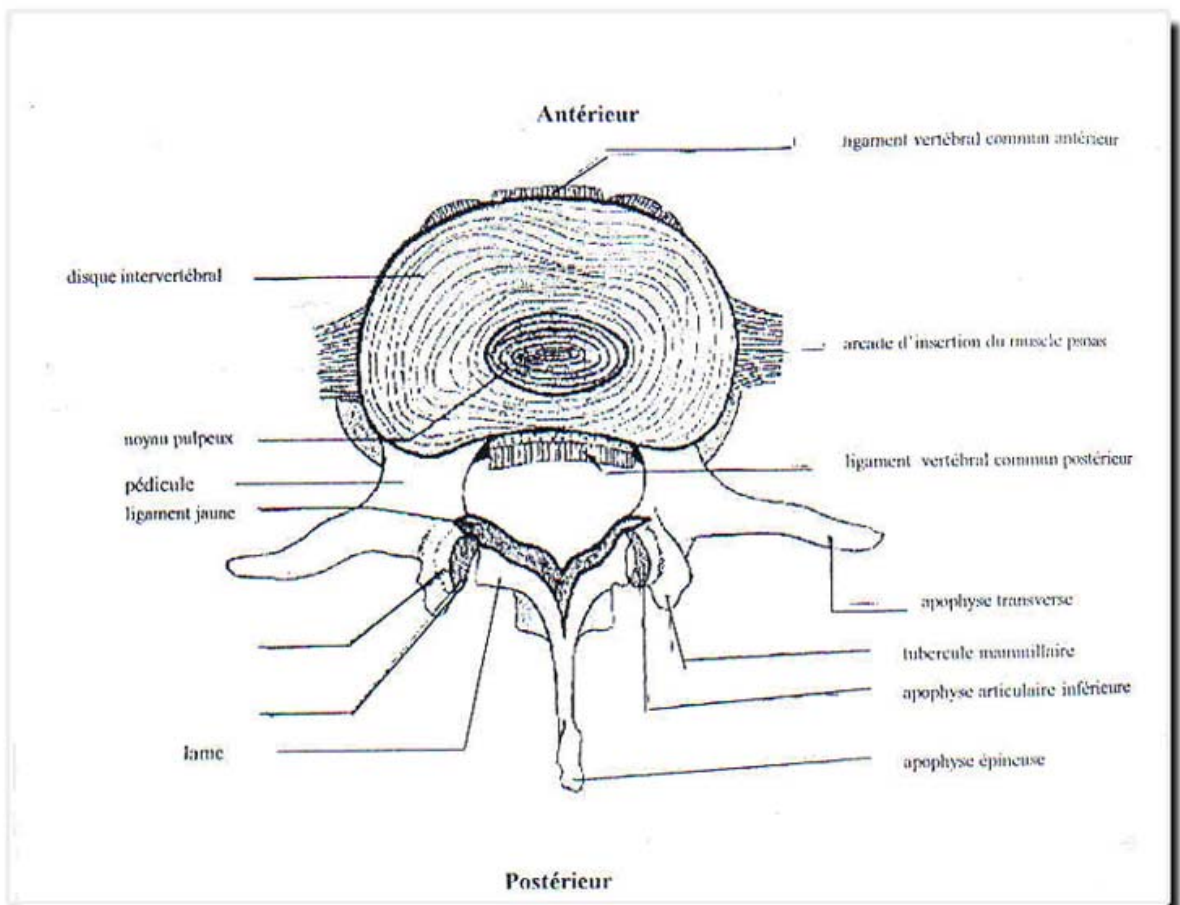
Elles descendent à l'intérieur du sac dural puis elles le quittent en perforant la dure-mère et s'engagent dans l'espace épidural pour gagner le trou de conjugaison, d'où elles sortent du rachis.

A





B



SCHEMA N°1 : A (96) B (53) : Vue supérieure d'une vertèbre lombaire  
montrant le canal rachidien et ses parois.

➤ Pendant son trajet on décrit à la racine deux portions :

\*Une portion intra-durale : où elle chemine parmi les racines de la queue de cheval jusqu'à sa sortie de la dure-mère derrière la face postérieure du disque L4-L5 pour L5 et au bord supérieur du disque L5-S1 pour S1.

\*Une portion extra-durale : longue de deux cm, se subdivise en 3 segments :

- Le segment rétro-discal : c'est le défilé interdiscoligamentaire, c'est à ce niveau que les racines sont sujettes à des compressions.
- Le segment pédiculaire : à ce niveau la racine est située entre le corps vertébral en avant, le pédicule en dehors et l'articulation supérieure en arrière.
- Le segment foraminaux : à ce niveau la racine présente le ganglion spinal. Seule la partie supérieure du foramen est en contact avec la racine. La partie inférieure ne renferme que la graisse et les anastomoses veineuses.

(Schéma n 2).

➤ b). La graisse épидurale :

Elle donne le contraste à la TDM. La qualité de la graisse varie d'un sujet à l'autre et suivant l'étage. Elle est plus abondante en L5-S1 qu'en L4-L5.

➤ c). Les veines et les artères épидurales :

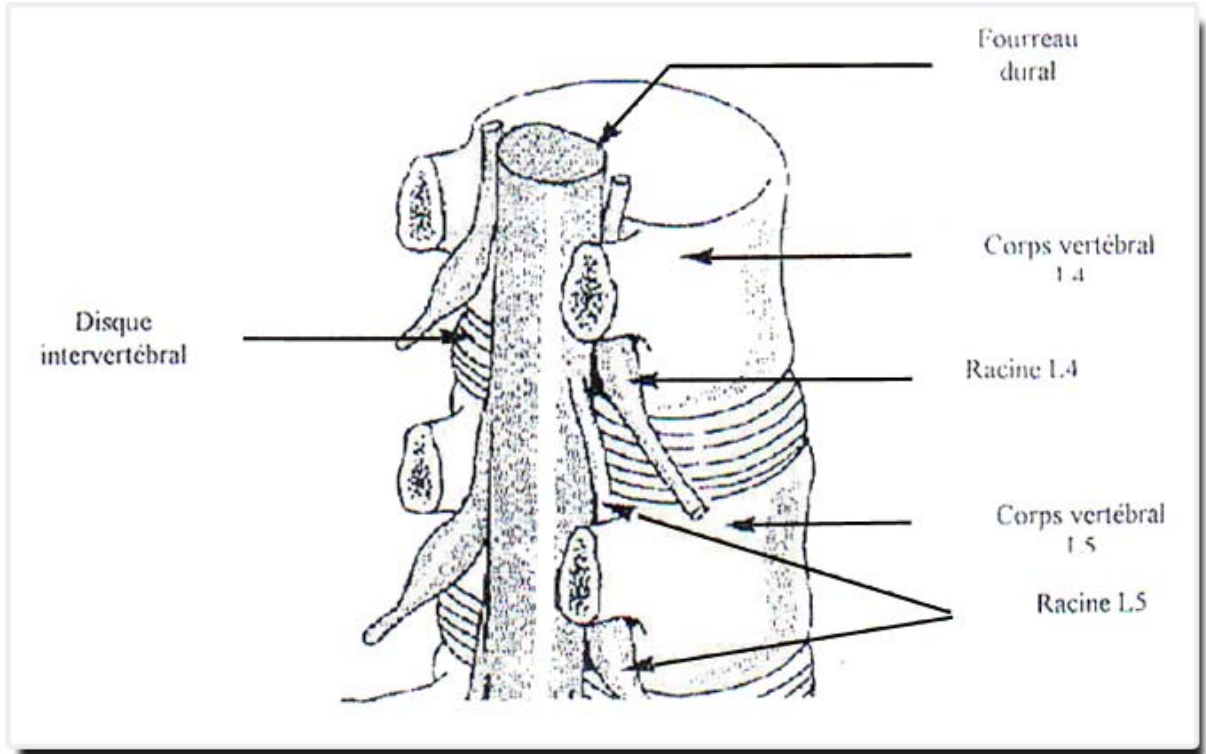
➤ d). L'innervation du canal rachidien et de son contenu :

La plupart des tissus entourant le disque intervertébral ont des terminaisons nerveuses libres nociceptives et sont donc potentiellement la source de douleurs.

Le nucleus pulposus est la seule structure dépourvue d'innervation sensitive.

L'innervation du rachis est de type métamérique assurée par deux nerfs segmentaires qui sont le nerf sinuvertébral de LUSCHKA et la branche dorsale du nerf rachidien.

- Le nerf sinuvertébral : se distribue à l'anneau fibreux, aux formations fibreuses intrarachidiennes, aux sinus veineux et à la dure-mère.
- La branche dorsale du nerf rachidien : se distribue au périoste externe, aux articulations interapophysaires postérieures et aux ligaments postérieurs du rachis.



SCHEMA N°2 (86) : La systématisation radiculaire.

B/. LA DEGENERESCENCE DISCALE (36, 73, 77, 83) :

La détérioration discale est due au vieillissement disco-vertébral :

Lorsque le disque vieillit, sa structure se modifie.

En effet dès la deuxième décennie, des craquelures, et des fissures apparaissent dans l'annulus, généralement postérieures et postéro-latérales en périphérie, et vont progressivement augmenter de taille.

Elles s'accompagnent d'une réduction de la hauteur postérieure du disque. Elles se forment entre les lamelles qui s'épaississent et se hyalinisent, en même temps se développe une métaplasie cartilagineuse et un processus de fibrose, ainsi que des phénomènes de calcification en relation avec des néoformations vasculaires.

Ces modifications de l'annulus sont les premières en date.

Il n'y a pas de modifications du nucleus sans anomalies évoluées de l'annulus. Dans le nucleus, des modifications dégénératives peuvent être également très précoces.

Elles sont représentées par un processus de collagénisation et le développement d'un tissu vasculaire à partir de l'annulus périphérique et des plateaux.

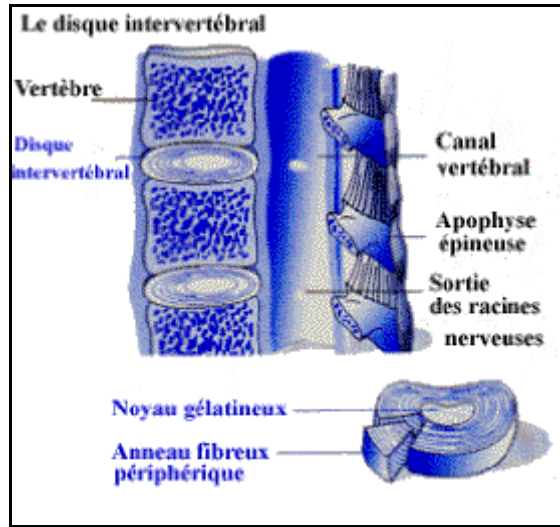
Le nucleus se déshydrate (88% d'eau à la naissance, 70% à 70ans), il devient fibreux et se délimite de plus en plus de l'annulus et le taux de

collagène augmente. A partir du nucleus, plus tardivement, vont se former des fissures radiales dont l'apparition semble coïncider avec les manifestations cliniques. Elles gagnent les fentes périphériques et elles se voient à tous les niveaux lombaires (schéma n 3) :

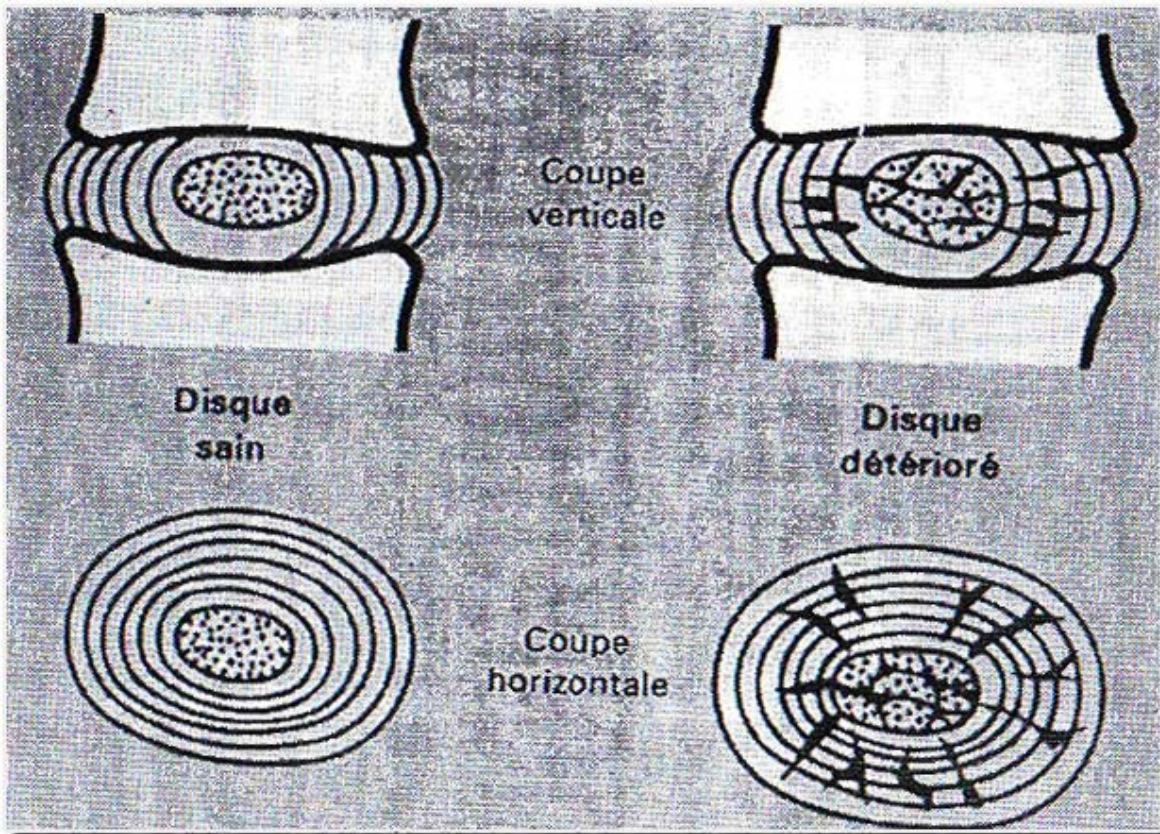
Les facteurs de dégénérescence discale sont :

- Les traumatismes importants.
- La surcharge pondérale qui agit probablement en modifiant la statique vertébrale.
- L'inégalité des membres inférieurs.
- Les anomalies de courbure lombaire : la scoliose, et l'hyperlordose
- Les anomalies structurales : la lombalisation de S1 et la sacralisation de L5.
- L'augmentation de la taille des apophyses transverses de L5.
- L'asymétrie des facettes articulaires.
- Le spondylolyse et le spondylolisthésis.





B



SCHEMA N°3 : A (96), B (77) : L'annulus fibrosus est le siège de micro-traumatismes et de micro-fissures qui peuvent aboutir à l'extériorisation du nucleus

C / . LA HERNIE DISCALE :

Sur le disque vertébral dégénéré, la flexion-extension contrariée va comprimer le nucleus plus résistant qui tend à s'énucléer, le plus souvent vers l'arrière où le disque est moins épais et moins résistant (IMAGE A). A ce niveau il va rencontrer deux barrières superposées : (73)

- La première est constituée par les fibres verticales de l'anneau fibreux du disque.
  
- La seconde plus résistante est formée par des fibres du ligament vertébral commun postérieur, plus résistant à la partie médiane.
  - Dans un premier stade : de durée plus ou moins longue, le nucleus refoulé va distendre l'anneau fibreux et repousser le ligament vertébral commun postérieur : c'est le stade de *distension discale*, qui s'exprime cliniquement par une lombalgie pure ou lombosacralgie.
  
  - Dans un deuxième stade : la distension par le nucleus de ce qui reste de l'anneau fibreux et du ligament vertébral commun postérieur va produire un bombement postérieur, souvent reporté sur les parties latérales de ce ligament : c'est le stade *de protrusion discale*. Le conflit disco-radicaire est alors déclenché (IMAGE B).  
Cette compression (IMAGE C) pourra être cliniquement



accrue par la compression postérieure au niveau du ligament jaune : c'est le signe de la sonnette, ou par la traction sur la racine : c'est le signe de Lasègue.

Au 2ème stade comme au stade suivant, la pression du nucleus tend à être réduite par le bâillement discal homolatéral et postérieur. De même lorsque le nucleus est réintégré, le repos prolongé permet la cicatrisation postérieure du disque et peut assurer la guérison. La racine elle même est le siège d'une « radiculite inflammatoire » née de la compression.

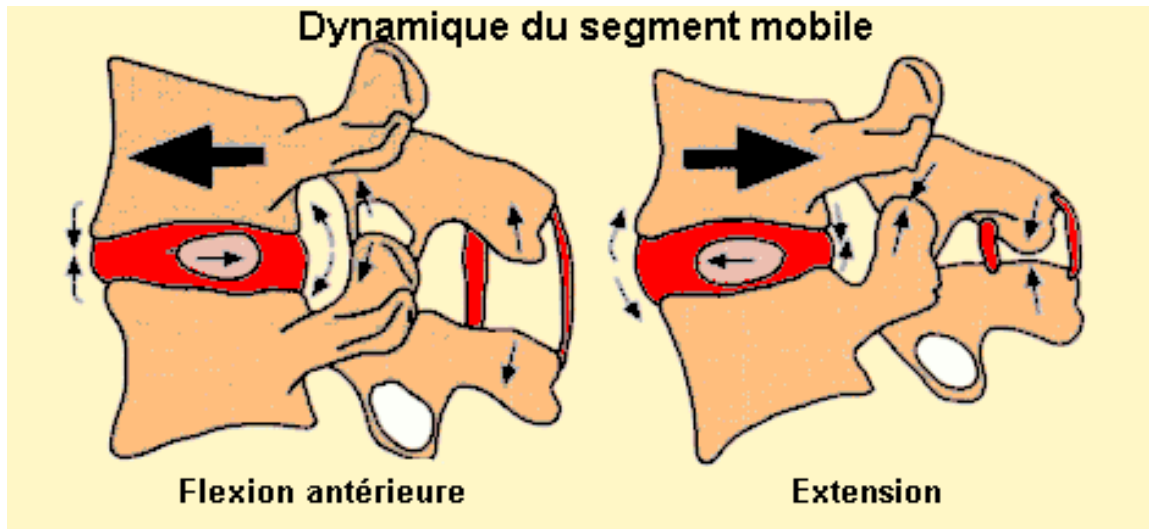
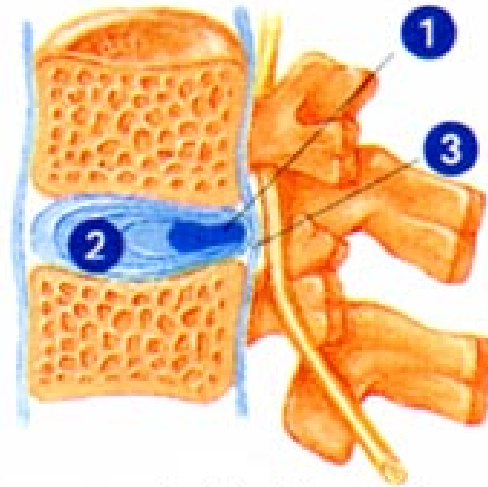
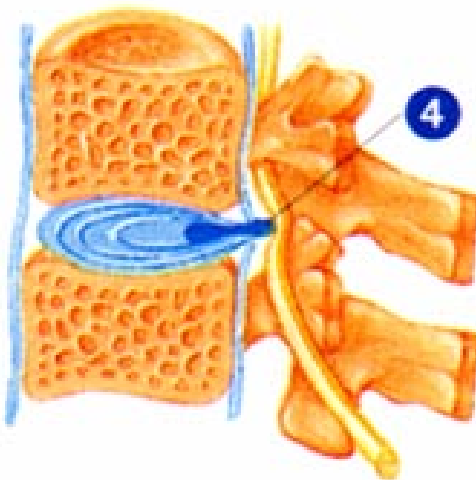


IMAGE (A) (99) : La flexion-extension contrariée tend à comprimer le nucleus.

## **HERNIE DISCALE**



Le noyau (1) du disque (2)  
bute contre le ligament (3).



Le noyau rompt le ligament et  
comprime le nerf sciatique (4).

IMAGE (B) (97) : Mécanisme de déclenchement du conflit disco-radicaire.

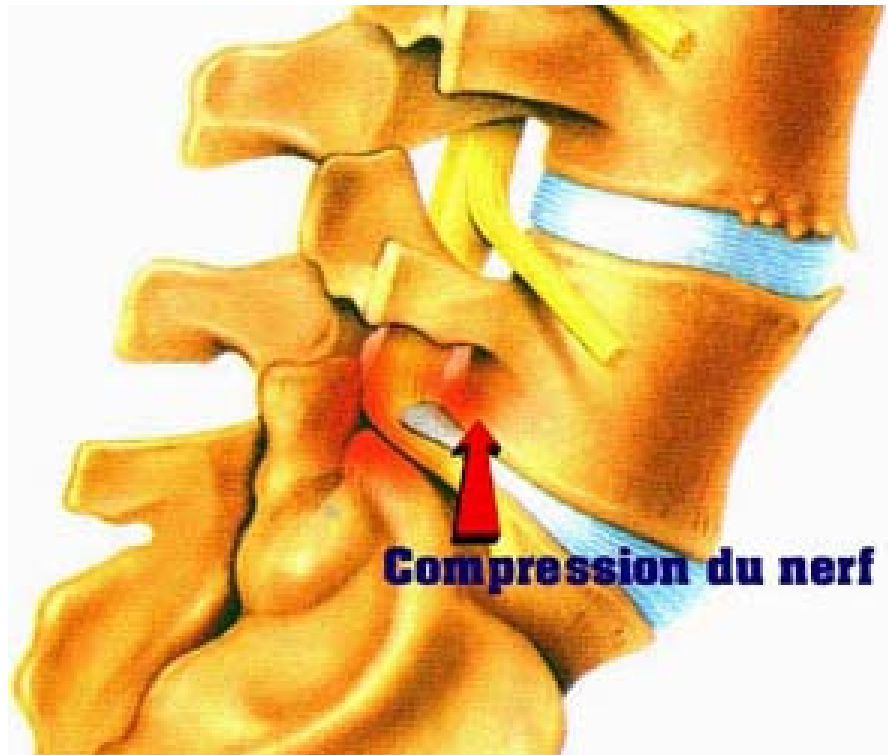


IMAGE (C) (9) : Le mécanisme de compression du nerf sciatique.

- Dans un troisième stade : L'anneau fibreux va céder, le séquestre fibro-cartilagineux et une partie du nucleus vont être énucléés et venir faire hernie en se logeant en avant du ligament vertébral commun postérieur :

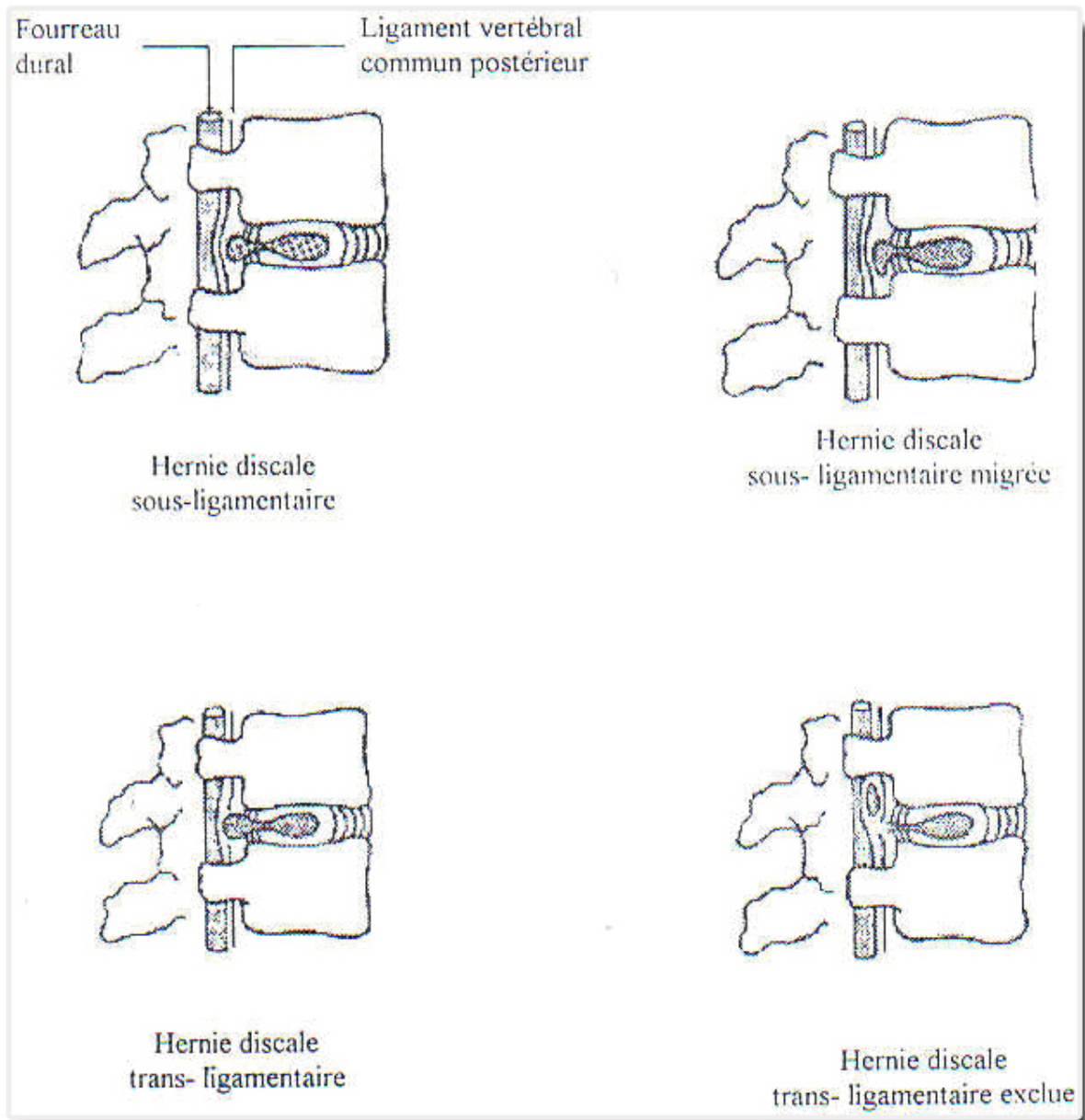
c'est la séquestration discale.

La hernie devient irréductible.

A ce stade comme au stade suivant, le conflit disco-radulaire peut être très aigu : c'est la sciatique hyperalgique.

De même, l'ischémie radulaire par compression peut survenir et entraîner alors un déficit moteur : c'est la forme paralysante.

- Dans le quatrième stade : le ligament vertébral commun postérieur peut lui-même être perforé et le séquestre s'exteriorise : c'est le stade d'exclusion discale, dont la symptomatologie et l'évolution varient en fonction du volume du séquestre (schéma n 4).



SCHEMA N°4 (86) : Les variétés anatomiques des hernies discales.

## D/. LES MECANISMES DE LA DOULEUR (74, 86) :

Les mécanismes de la souffrance radiculaire ne sont probablement pas univoques mais le résultat des agressions diverses, le plus souvent intriquées mécaniques et chimiques.

❖ a). Les facteurs mécaniques :

La compression radiculaire aigue, réalisée expérimentalement chez l'animal, a des conséquences variables selon l'importance de cette compression.

Si elle est légère, se produisent des troubles de la circulation interneurale par congestion veineuse, en cas de compression plus importante, cela finit par entraîner une ischémie radiculaire avec effondrement des vitesses de conduction sensitivo-motrices.

La compression chronique a été étudiée, chez l'homme, sur des biopsies nerveuses réalisées lors d'intervention pour hernie discale.

Il existe une hyperplasie du tissu conjonctif de la dure-mère et de l'arachnoïde avec fibrose endoneuronale et réduction du nombre de grosses fibres sensibles myélinisées.

❖ b). Les facteurs chimiques :

L'hypothèse de l'effet irritant des composants du muscle hernié sur la racine a été confirmée en pathologie expérimentale.

La simple application du nucleus sur les racines provoque des lésions comparables à celle rencontrées au cours des compressions chroniques.

Il existe aussi une augmentation des médiateurs chimiques de nociception, notamment la substance P, dans la racine et le ganglion rachidien.

Des taux élevés de phospholipase A2 ont été mis en évidence dans les hernies discales.

En culture, les fragments de hernie discale sont capables de produire des métalloprotéinases, pouvant dégrader les composants principaux du nucleus, les protéoglycanes.

La compression de la racine conduit quant à elle, à une réaction inflammatoire et sympathique libérant différents médiateurs algogènes qui vont agir sur des récepteurs nociceptifs périphériques



❖ c). Les facteurs neurophysiologiques :

La conséquence pour la racine comprimée est l'appauvrissement en grosses fibres myélinisées d'où désafférentation et perte de l'effet inhibiteur sur les fibres nociceptives.

Les courts-circuits entre ces deux types de fibres transforment une stimulation tactile en sensation douloureuse.

Les substances allogènes libérées par le disque et la réaction inflammatoire induisent une sensibilisation périphérique par abaissement du seuil d'activation des récepteurs nociceptifs.

Les lésions structurales radiculaires peuvent aussi être à l'origine d'une sensibilisation centrale, par création d'une hyperexcitabilité des neurones spinaux convergents.

A terme ceux-ci répondent même à des stimulations non nociceptives, d'où les douleurs chroniques (schéma n 5).

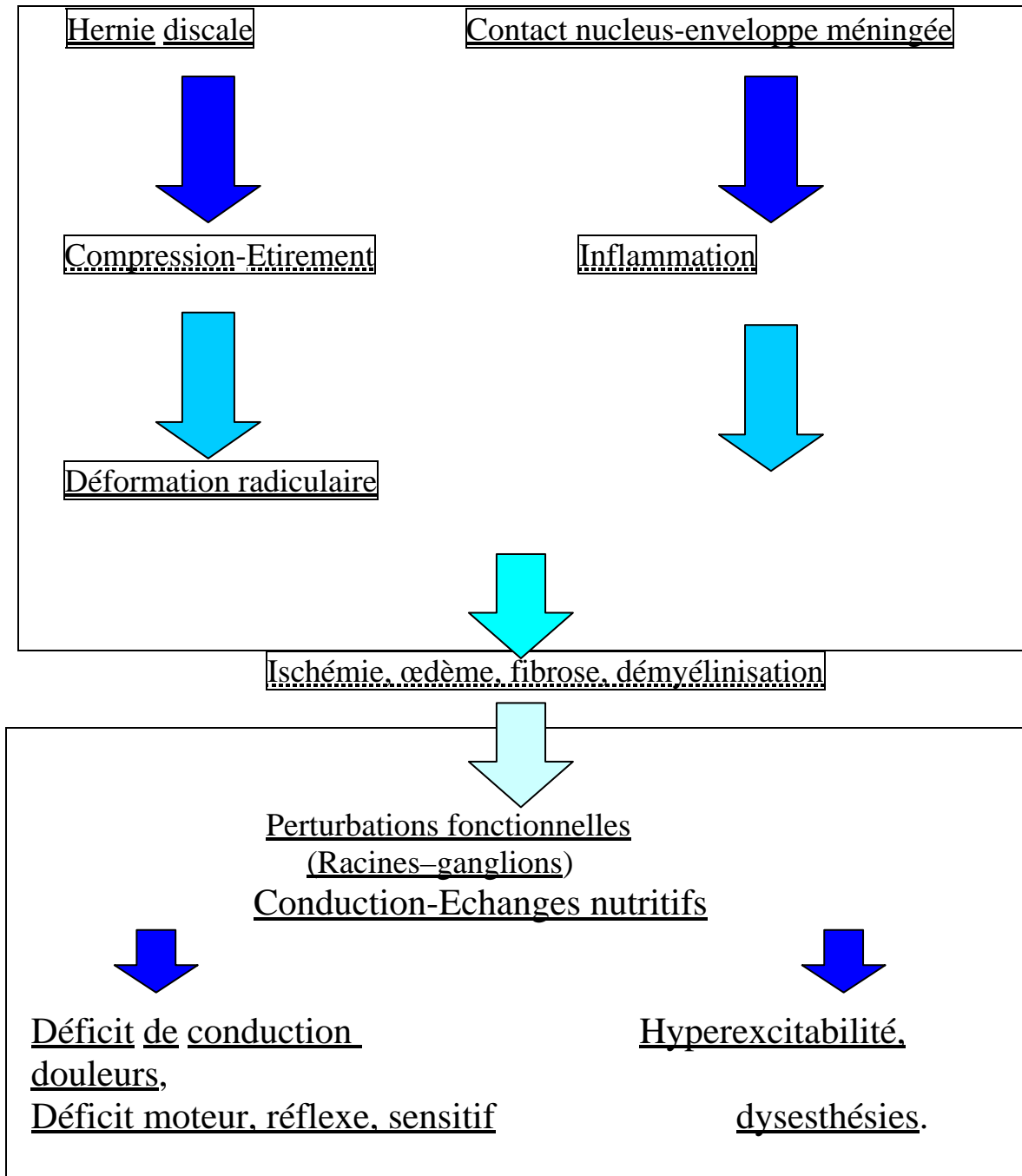


Schéma n° 5 : schéma récapitulatif des mécanismes intriqués de la souffrance radiculaire dans les lomboradiculalgies communes (74).



## CHAPITRE : 2

PLACE DE L'EMG DANS L'EXPLORATION DES  
RADICULOPATHIES DES MEMBRES INFÉRIEURS :

A/ANATOMOPHYSIOLOGIE DU NERF PÉRIPHÉRIQUE :

❖ Structure et organisation générale des fibres  
nerveuses :

Les troncs nerveux périphériques sont composés d'un grand nombre d'axones, terminaisons des neurones moteurs, sensitifs, ou du système nerveux autonome (62).

Un nerf périphérique de mammifère contient deux types de fibres suivant que leur axone comporte ou non une gaine de myéline. Cette dernière est synthétisée par la cellule de Schwann. Une fibre myélinisée est entourée sur une longueur donnée par une cellule de Schwann.

La situation est plus complexe pour les fibres amyéliniques où plusieurs axones peuvent être rassemblées dans une cellule de Schwann, séparés les uns des autres par une languette cytoplasmique.

La présence d'une gaine de myéline est corrélée au diamètre de l'axone, en général les axones de moins de 1 micromètre ne sont pas myélinisés.

Le rôle et les principales caractéristiques des différentes fibres sont résumés dans le (tableau I).

La densité des fibres nerveuses par unité de surface endoneuronale varie en fonction du nerf, du niveau étudié, de l'âge et de facteurs individuels (6).

TABLEAU (I) (6) : Caractéristiques des principaux types de fibres du système nerveux périphérique.

Types de fibres :	Rôles :	Myélinisation :	Diamètre (µm) :	Vitesse de conduction (m/s) :
Sensitives : A (alpha-béta) : Ia  Ib  II  A (sigma) : III  C : IV	Proprioception : fuseaux neuromusculaires	+	12-20	70-120
	Organe de golgi des tendons	+	5-12	30-70
	Sensibilité cutanée : toucher,	+	2-5	12-30
	Pression cutanée, température	-	0,4-1,2	0,5-2
	Douleur cutanée : douleur			
Motrices : A (alpha) A (gamma)	Muscles squelettiques	+	12-20	70-120
	Fuseaux neuromusculaires	+	5-12	30-70
Végétatives : B C	Sympathiques préganglionnaires	+	3	3-15
	Sympathiques postganglionnaires	-	0,3-1,3	0,7-2,3

❖ Potentiels membranaires et conduction nerveuse :

La différence de concentration ionique de part et d'autre de la membrane axonale (excès de charges positives à l'intérieur et de

charges négatives à l'intérieur) génère une différence de potentiel négative de -70mv, dite *potentiel de repos*.

Ce potentiel résulte de l'équilibre entre la diffusion passive des ions (Na<sup>+</sup>, k<sup>+</sup>, Cl<sup>-</sup>, Ca<sup>++</sup>) et les mouvements actifs de pompes membranaires.

Le potentiel d'action ne se produit que lorsqu'une forte dépolarisation de la membrane survient (diminution de la différence de la charge inférieure à -40mv) suivant la loi du tout ou rien (6).

Celui-ci se propage ensuite le long de l'axone de proche en proche. Dans le cas des fibres myélinisées, seul l'espace situé entre les cellules de Schwann, appelé *nœud de Ranvier*, est dépolarisable et la conduction se fait alors sur un mode saltatoire d'un nœud de Ranvier à l'autre, accélérant d'autant la vitesse de propagation de l'influx.

D'autres facteurs sont susceptibles d'influencer la vitesse de propagation de l'influx nerveux : Il s'agit de la température cutanée, du diamètre des fibres (vitesse plus élevées sur les grosses fibres), de la présence ou non de myéline, et également de l'épaisseur de

cette myéline et du nombre d'espaces internodaux touchés par une éventuelle lésion (62).

❖ Motricité, notion d'unité motrice :

L'innervation des muscles squelettiques est sous la dépendance des neurones situés dans la corne antérieure de la moelle, appelés motoneurones alpha.

L'axone issue du motoneurone alpha chemine par les racines antérieures jusqu'au muscle.

La, il se divise pour innerver parfois jusqu'à plusieurs centaines de fibres musculaires, grâce aux jonctions neuromusculaires appelées plaques motrices.

Il n'y a qu'une plaque motrice par fibre musculaire et chaque fibre musculaire n'est innervée que par un seul motoneurone.

L'ensemble constitué par le motoneurone, son axone, la plaque motrice et l'ensemble des fibres musculaires qu'il innerve, est appelé *unité motrice*.



❖ Contraction volontaire :

Lors de la contraction volontaire, on observe la mise en jeu progressive d'un nombre croissant d'unités motrices (*recrutement spatial*) puis l'accroissement progressif de la fréquence des potentiels de chaque unité (*recrutement temporel*).

❖ Phénomène de réinnervation :

La lésion d'un axone peut induire la dégénérescence progressive de sa partie distale, appelée *dégénérescence wallérienne*.

Les fibres musculaires innervées par le motoneurone lésé peuvent être prises en charge par les branches terminales des axones innervant les fibres musculaires voisines (*réinnervation ou « sprouting »*).

Les motoneurones restant fonctionnels auront donc un plus grand nombre de fibres musculaires sous leur contrôle, et des unités motrices plus importantes.

Ce phénomène peut être assez marqué pour avoir une traduction électro-physiologique (62).

B/ EMG : définition et interprétation :

❖ Définition :

L'examen électro-physiologique des nerfs et des muscles est devenu aujourd'hui un atout indispensable dans l'exploration de la pathologie neuromusculaire.

Il s'agit d'un examen nécessitant un appareillage simple permettant de stimuler les nerfs et de recueillir les réponses évoquées à l'aide d'un amplificateur (PHOTO 1).

L'examen habituel comprend l'étude des conceptions nerveuses motrice et sensitive des nerfs : EMG de stimulodétection ; et l'EMG de détection en utilisant une aiguille électrode insérée dans le muscle (PHOTO 2).

L'analyse des résultats permet de déterminer la nature de l'atteinte neuromusculaire : neuropathie périphérique subdivisée en mononeuropathie, mononeuropathie multiple et polyneuropathie.

On peut aussi identifier le processus physiopathologique sous-jacent : neuropathie myélinique ou axonale ou encore atteinte du corps cellulaire du neurone périphérique.

Il peut aussi s'agir d'un trouble de la jonction neuromusculaire ou encore d'une atteinte primitive des muscles (12).

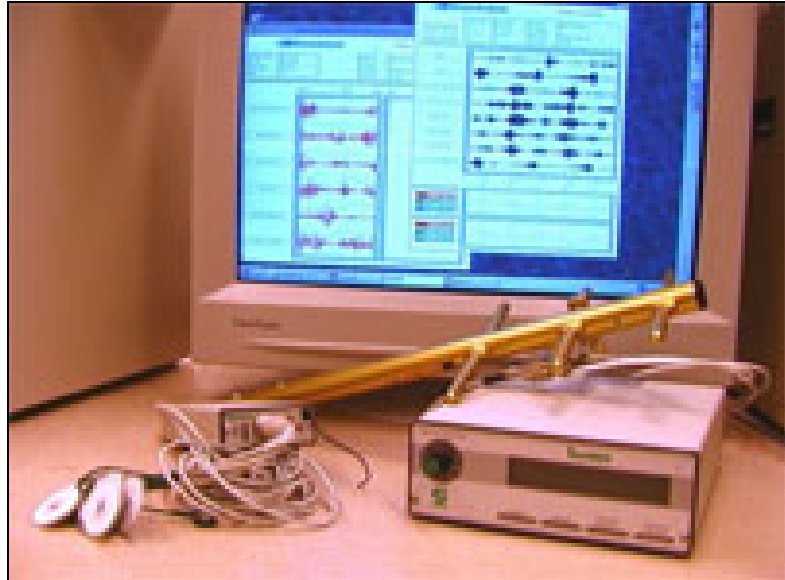


PHOTO (1) (103) : Matériel EMG utilisé, il comprend des électrodes de stimulation et de réception, avec un amplificateur relié à un écran.



PHOTO (2) (104) : Enregistrement de l'activité électrique musculaire par insertion d'une aiguille dans le muscle quadriceps.

❖ Interprétation de l'exploration électromyographique :

L'EMG enregistre l'activité électrique du muscle (potentiels membranaires des fibres musculaires = potentiels d'action des motoneurons qui les innervent = potentiels d'unité motrice ou PUM).

Leurs caractères sont analysés au repos puis lors de la contraction volontaire (qualité du recrutement), à la recherche de signes de dégénérescence axonale et/ou de réinnervation.

On dégage globalement deux types d'atteintes, qui seront explorées par des tests différents :

1/*d'une part les atteintes démyélinisantes* : à l'origine d'une réduction des vitesses de conduction motrice ou sensitive voire d'un bloc de conduction, et qui seront explorées par les mesures de vitesse de conduction (distale ou proximale).

2/*d'autre part les atteintes axonales* : qui se traduisent par des signes de dénervation : baisse du nombre des PUM se traduisant par une moindre amplitude du signal.

Dans le cas particulier de la lombo-sciatique discale, le caractère très proximal de l'atteinte ne permet pas la recherche de blocs de conduction qui nécessiteraient de placer une électrode au dessus

de la racine (ce qui ne peut se faire qu'en peropérateur ou par des techniques de stimulation grâce à une aiguille en position épidurale, non utilisées de manière courante).

Seules donc peuvent être utilisées les données provenant de l'étude :

- Des potentiels d'unités motrices, qui ne peuvent être pathologiques que si les fibres motrices (de gros calibre) sont touchées.
- De boucles réflexes explorant soit les fibres sensibles sur tout leur trajet et les fibres motrices (réflexe H) ou les fibres motrices seules (onde F).

Une atteinte restreinte aux fibres de petit calibre ne pourra être décelée par l'EMG conventionnel (62).

### C/ EMG de détection :

#### ❖ Historique :

L'activité myoélectrique globale, au cours de la contraction volontaire, a été enregistrée pour la première fois chez l'homme en 1907, au moyen d'électrodes fixées sur la peau (13, 79).

Depuis, l'EMG et les électrodes ont bénéficiés des gigantesques progrès de l'informatique et de traitement du signal.

❖ Technique (14) :

Cet enregistrement peut être réalisé sur les muscles distaux, proximaux, ou encore sur les muscles para-vértébraux.

Il consiste à enregistrer les potentiels d'unité motrice (PUM) sur ces muscles, par électrodes de surface ou par insertion d'une aiguille dans le muscle (PHOTOS : 3, 4).

L'enregistrement est effectué au repos, puis lors de la contraction volontaire.



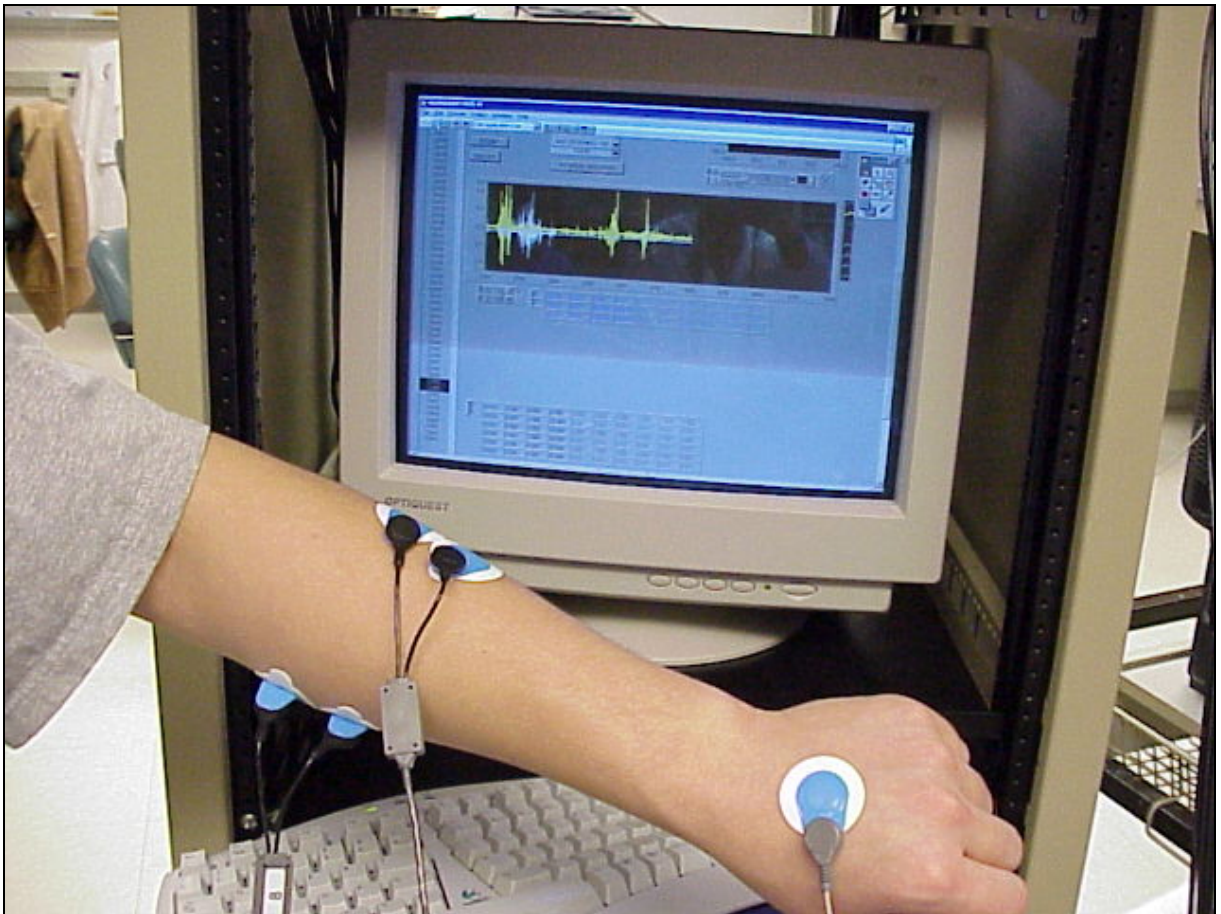


PHOTO (3) (101) : Enregistrement de l'activité électrique du muscle.

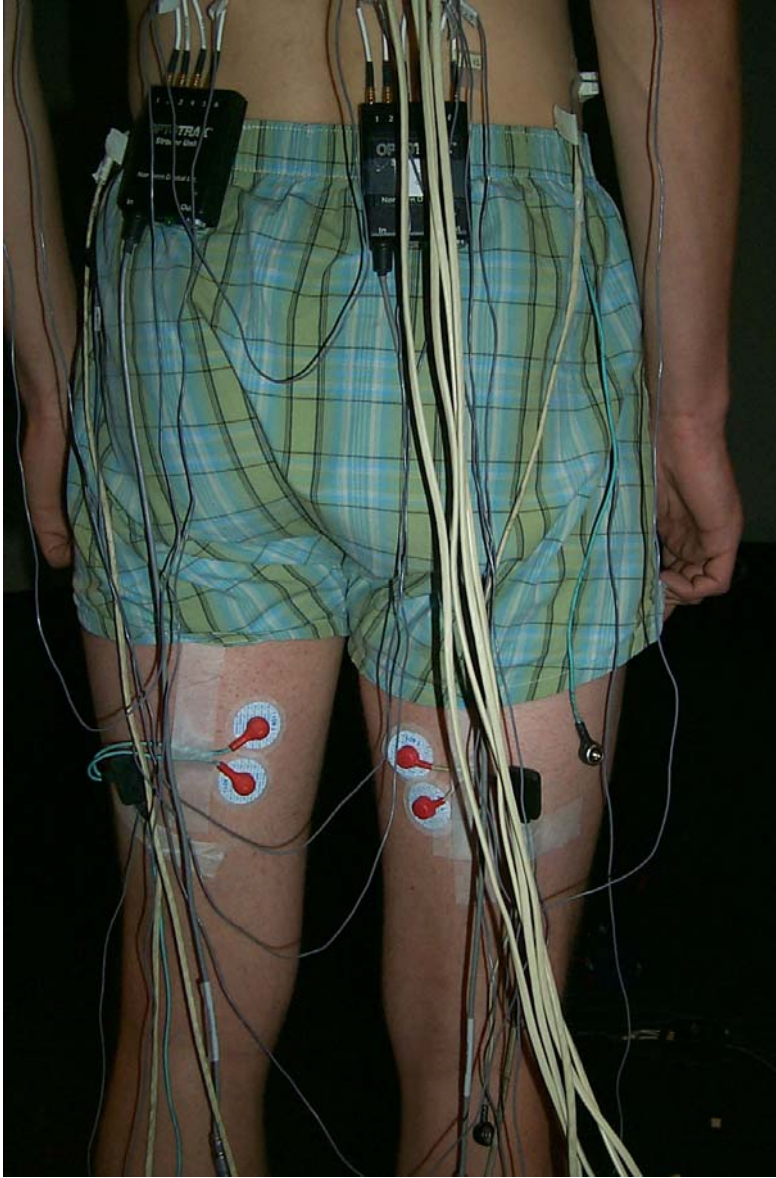


PHOTO (4) (100) : EMG des jambes.

❖ Informations apportées par la détection (figures : 1,2) :

- *Au repos* : Le muscle normal est silencieux, dépourvu d'activité électrique.

Dans les conditions pathologiques, l'EMG peut recueillir (12) de la fibrillation (figure 1) liée à la contraction spontanée de fibres musculaires dénervées (processus neurogène aigu axonal) ou elles mêmes pathologiques (processus neurogène) ou des décharges myotoniques (processus myogène).

- *Lors de l'activité volontaire* : L'EMG enregistre la décharge des unités motrices (figure2) sous forme de potentiels (PUM) caractérisés par leur mode de recrutement et leur configuration.

Un effort faible recrute d'abord une unité motrice proche de l'électrode d'enregistrement (tracé simple) puis, lorsque l'effort est plus soutenu, la fréquence des décharges et le nombre des unités motrices recueillis s'accroît (tracé pauvre, moyen, riche, et enfin interférentiel pour une contraction maximale).

- *Dans les atteintes neurogènes (12)* : Le nombre des UM est diminué (tracé appauvri est accéléré pour compenser la perte des UM). Lors de la réinnervation les UM sont polyphasiques et amples (figure 2). Dans les atteintes myogènes le nombre des fibres musculaires actives est diminué (PUM brefs et peu amples avec tracé trop riche et accéléré au début pour compenser la perte musculaire puis tracé appauvri à la phase d'état).

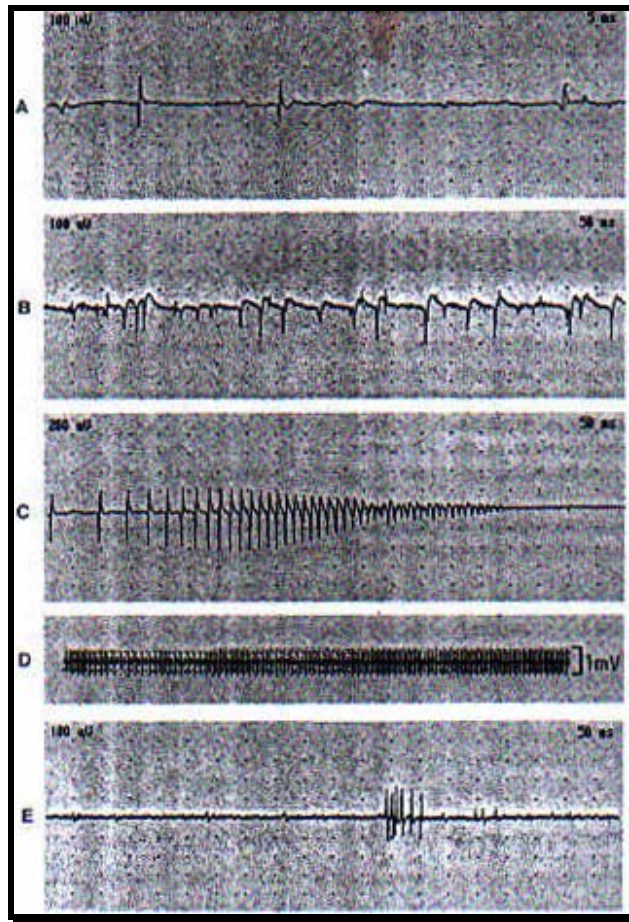


FIGURE 1 : Activités spontanées (12) :

- A. potentiels de fibrillation.
- B. Potentiels lents de dénervation.
- C. Salve myotonique (maladie de Steinert).
- D. Salve pseudomyotonique (polymyosite).
- E. Myokymie faciale (syndrome de Guillan-Barré).



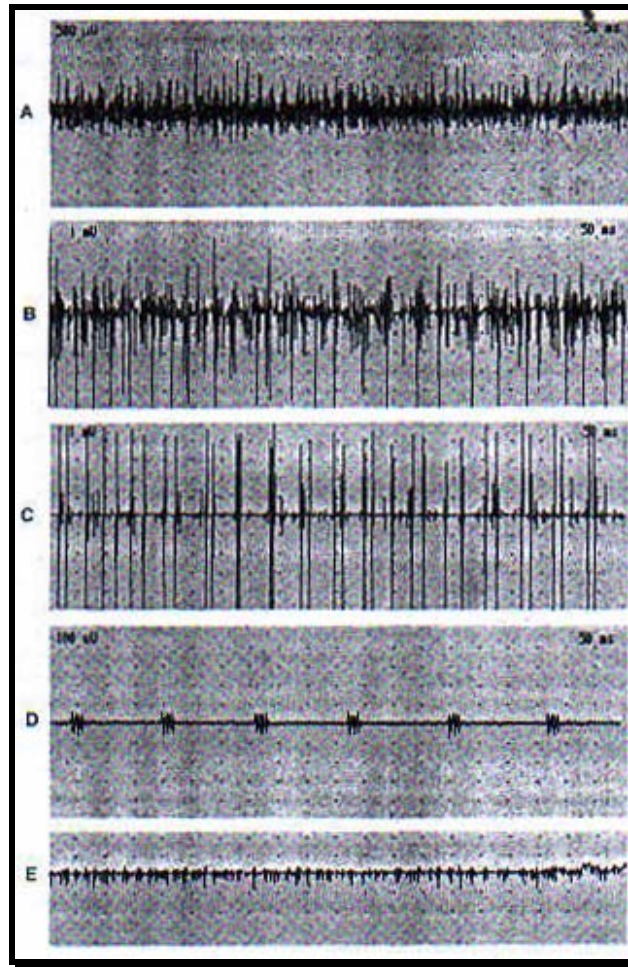


FIGURE 2 : Activités volontaires (12) :

- A. Tracé d'effort normal.
- B. Tracé neurogène : intermédiaire appauvri.
- C. Tracé neurogène : simple accéléré, potentiels géants (supérieur à 10mv).
- D. Tracé neurogène : potentiels « naissants » de réinnervation.
- E. Tracé myogène : un peu appauvri, dystrophie musculaire progressive à un stade tardif.

❖ Intérêts et limites de la détection dans le cadre des  
radiculopathies des membres inférieurs :

➤ Choix des muscles :

Un des buts de l'examen étant de confirmer le caractère radiculaire de la souffrance, les myotomes de L4, L5 et S1 sont analysés (14).

Pour préciser la topographie de la lésion nerveuse le choix des muscles est important.

L'analyse doit porter sur au moins deux muscles appartenant au même myotome mais d'innervation tronculaire différente, doit porter sur des muscles innervés par les mêmes nerfs périphériques mais par des racines différentes.

Certains muscles marqueurs sont à privilégier et doivent être analysés de façon systématique (46,35).

➤ Evolutivité temporelle :

L'exploration d'une radiculopathie doit aussi prendre en compte l'évolutivité temporelle des anomalies électriques.

Les signes de dénervation ou de réinnervation apparaissent très rapidement dans les territoires proximaux, vers le dixième jour pour les muscles para-spinaux, beaucoup plus tardivement vers la troisième semaine pour les muscles distaux des membres (46,94).

Le bilan électromyographique doit donc explorer de façon systématique ces muscles para-spinaux et fessiers pour les membres inférieurs.

➤ Topographie de la lésion nerveuse :

Sur le plan topographique, en théorie, la présence d'anomalies neurogènes dans les muscles para-spinaux innervés par le rameau postérieur confirme le siège radiculaire de l'atteinte mais ne donne pas d'informations précises sur le niveau radiculaire en raison du chevauchement important des myotomes.

Et la présence de fibrillations isolées dans les muscles para-spinaux peut correspondre à d'autres pathologies que les radiculopathies et peut se rencontrer chez le sujet âgé, le diabétique, et les sujets opérés pour laminectomie (46).



L'information topographique peut cependant être améliorée par l'exploration des couches profondes en particulier du muscle multifidus d'innervation segmentaire plus stricte (66) (par les rameaux moteurs des branches postérieures des nerfs rachidiens).

Certains auteurs ont même décrit une méthode standardisée de positionnement de l'aiguille dans ce muscle : c'est la technique du « *paraspinal mapping* » décrite par Haig et AL (41, 42, 39, 40) (figure3).

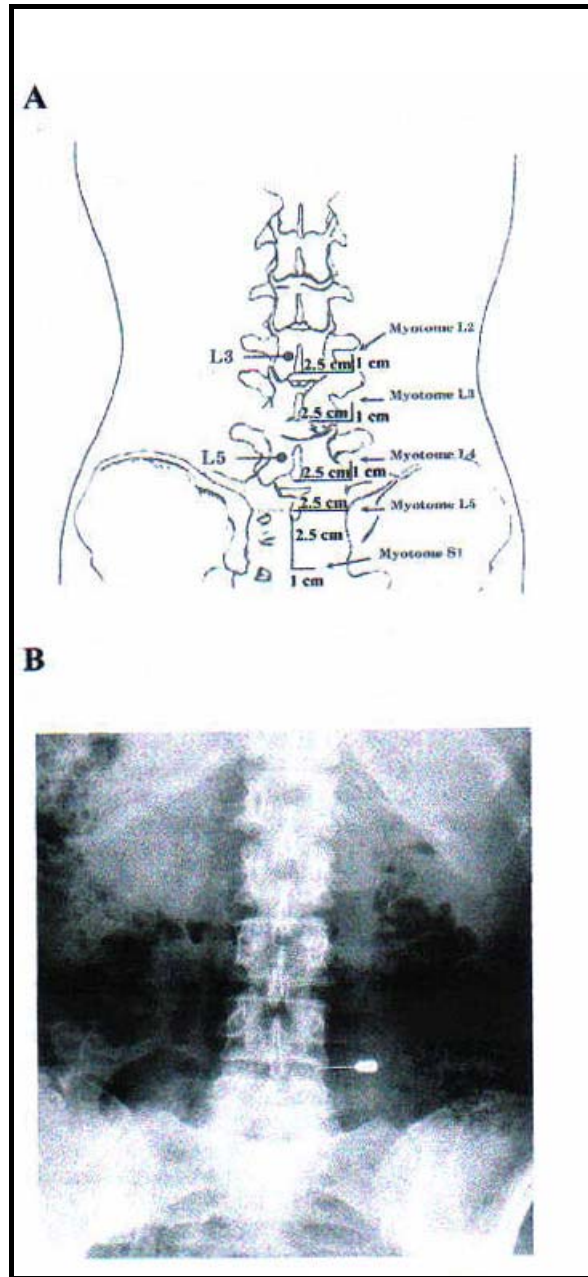


FIGURE 3(57) : illustration de la technique électromyographique (EMG)  
d'exploration du multifidus lombaire. (A) : sites d'insertion de l'aiguille  
EMG en fonction du myotome étudié (d'après Haig (42)). (B) image  
radiologique de l'insertion de l'aiguille EMG en paravertébral L4-L5 pour  
l'étude du myotome L3 gauche.

En effet une étude belge réalisée en 2002(57) à propos de 75 patients sains, et visant à établir des normes pour les paramètres électromyographiques de la musculature paravertébrale dorsolombaire , a démontré que l'étude EMG du multifidus lombaire est une donnée intéressante dans la mise au point des radiculopathies grâce à sa précision topographique , et que les valeurs normatives présentées dans ce travail sont donc potentiellement utiles pour l'exploration de la pathologie radiculaire, mais aussi dans certains cas de myopathie ou d'atteinte de la corne antérieure.

Cependant une étude suisse prospective plus récente réalisée en 2004(69), à propos de 23 patients avec symptômes évocateurs d'une lésion mono ou pluriradiculaire lombo-sacrée qui ont été soumis à un EMG des membres inférieurs et du muscle multifidus lombaire selon la technique du « paraspinal mapping », a conclu que cette technique même si elle ne permet pas à elle seule de spécifier le niveau radiculaire concerné en raison de son manque de spécificité, permet toutefois souvent de mettre en évidence des signes de dénervation aigue dans les niveaux radiculaires incluant les racines supposées lésées (94) ,c'est le cas chez près de la moitié des patients.

Chez ceux-ci, l'examen des muscles para-spinaux complète utilement l'examen des myotomes des membres inférieurs en confortant l'impression que l'atteinte est proximale et donc probablement radiculaire.

➤ Évolutivité et sévérité des lésions radiculaires :

L'analyse des caractéristiques des potentiels d'unités motrices d'intérêt très limité sur le plan topographique, est en revanche beaucoup plus utile pour témoigner de l'évolutivité ou non d'une lésion :

\*La constatation de potentiels polyphasiques d'amplitude et de durée augmentées est le témoin d'une ***chronicité*** de l'atteinte et le témoin d'une ***réinnervation*** collatérale ou par régénérescence axonale.

\*La constatation en revanche de potentiels d'unité motrice d'amplitude faible et de durée augmentée est le témoin d'une ***évolutivité*** (46).

Cette analyse du contingent moteur n'a cependant qu'un rôle limité dans les radiculopathies.

C'est essentiellement à visée diagnostique différentielle que cette étude est envisagée à la recherche d'anomalies focales ou diffuses.

L'amplitude des réponses motrices peut être réduite dans les radiculopathies mais seulement dans les formes très sévères avec dégénérescence axonale ou dans les formes pluriradiculaires (46).

D/ EMG de stimulodétection (mesure des vitesses de conduction nerveuse) :

**1).Vitesse de conduction:**

La mesure des vitesses de conduction motrices et sensibles dépend étroitement de paramètres biologiques et techniques. Sa réalisation doit être rigoureuse : il s'agit d'une méthode fiable d'étude du nerf périphérique permettant de distinguer les atteintes axonales et démyélinisantes.

❖ Historique (88) :

Les physiologistes ont été les premiers tentés par cette mesure.

Vers 1850, Helmotz semble être le premier à la rapporter.

Il faudra attendre 1950 pour que la méthode soit accessible à l'exploration fonctionnelle courante (Hodes, Larrabee, German, 1948), mise en valeur par les travaux de l'école de Minesotta, elle a fait l'objet depuis à de très nombreuses publications qui ont précisé la méthode et les résultats du sujet normal en passant par les différentes affections neurologiques (Mayor et Libman, 1962, Dumoulin, 1962, Lérique, 1963...).

❖ Principes :

➤ Vitesse de conduction motrice (figure 4) :

L'étude de la conduction nerveuse motrice mesure la conduction de l'influx nerveux le long du nerf moteur.

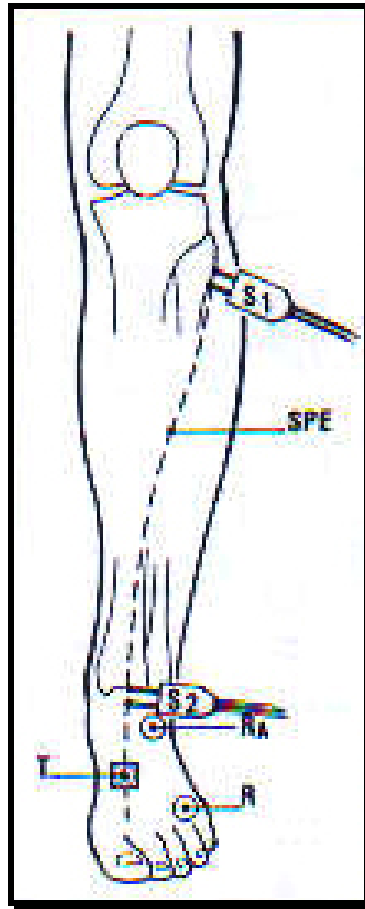
Le nerf est stimulé par un stimulateur électrique délivrant généralement un courant rectangulaire, à un point déterminé de son trajet.

La réponse est recueillie sur le muscle correspondant à l'aide d'électrodes reliées à un amplificateur et reproduite sur un oscilloscope où les mesures peuvent être effectuées.

Le site d'implantation du nerf est au moins, quand c'est possible, double : *distal et proximal*, permettant ainsi d'obtenir une latence distale et une latence proximale mesurée en millisecondes.

Le rapport entre la distance qui sépare les deux points de stimulation et la différence des latences proximale et distale permet d'exprimer la conduction nerveuse en vitesse ramenée en m/s (12).

Les principaux nerfs explorés sont les nerfs : médian, cubital, radial, sciatique-poplités externe et interne (14).



**FIGURE 4 :**

Vitesse de conduction motrice du nerf sciatique poplité externe (SPE) (12) :

S1 : stimulation proximale ; S2 : stimulation distale.

Recueil : électrode active en RA, électrode de référence en R.

T : terre.



➤ Vitesse de conduction sensitive : (figure5) +  
(PHOTO 5) :

Le principe est le même, mais le territoire sensitif cutané distal est stimulé légèrement et le potentiel sensitif est recueilli en amont (sens orthodromique) en un ou deux points sur le passage du nerf, les réponses peuvent aussi être obtenues par voie antidromique (14).

La réponse évoquée nerveuse est obtenue soit par électrodes de surface, soit par électrodes aiguilles insérées près du nerf (12).

Les principaux nerfs explorés sont les nerfs : médian, cubital, radial, fémoro-cutané, saphènes externe et interne, péronier superficiel et plantaire (49).



PHOTO (5) (102) : Enregistrement du Potentiel évoqué  
Sensitif du nerf médian : stimulation de l'index et recueil au poignet.

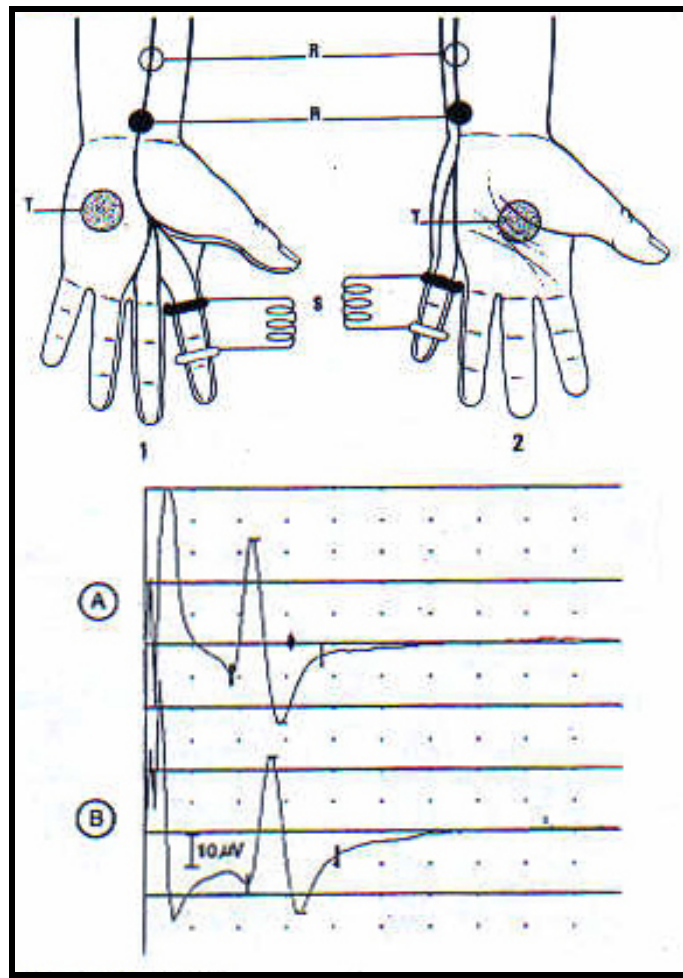


FIGURE 5 : Potentiel évoqué sensitif (12).

1. Médian : Stimulation par électrodes annulaires de l'index, recueil bipolaire au poignet.
- A. Aspect du potentiel.
2. Cubital : Stimulation par électrodes annulaires de l'auriculaire, recueil bipolaire au poignet.
3. B. Aspect du potentiel.

❖ Paramètres pouvant modifier la vitesse de conduction :

➤ Humains :

\*L'âge du sujet :

La vitesse de conduction augmente rapidement pendant les premières années de la vie, pour atteindre les chiffres de l'âge adulte entre 3 et 5 ans et puis décroît ensuite avec l'âge, surtout à partir de 60ans(12).

\*La taille du sujet :

Il existe en effet une forte corrélation inverse entre la taille du sujet et la vitesse de conduction (75).

➤ Biologiques :

\*Diamètre de la fibre :

Il existe une relative proportionnalité entre la vitesse de conduction et le diamètre de la fibre nerveuse (44, 12).

\*Épaisseur de la myéline :

C'est le rapport du diamètre de l'axone au diamètre total de la fibre qui est déterminant (93, 12).

\*Distance internodale :

La vitesse est proportionnelle à cette distance dans le cadre du nerf périphérique de l'homme (68, 12).

\*Caractère du noeud de Ranvier :

Par les canaux sodium - voltage dépendants (76, 12).

\*Milieu extracellulaire :

Par les concentrations ioniques.

\*Température :

Son abaissement diminue la vitesse.

➤ Techniques :

Elles dépendent de l'appareillage, de la stimulation, et des conditions de recueil, ou d'une méconnaissance de l'anatomie (12).

**2). Résultats de la mesure des vitesses (intérêts et limites) :**

En mesurant les vitesses et les amplitudes, nous pouvons distinguer les deux grands types d'atteintes neurogènes périphériques : axonales et démyélinisantes.

Naturellement, celles-ci peuvent être intriquées, cette classification proposée par Schaumburg, Spencer et Thomas (81), correspond le mieux aux atteintes non traumatiques qui, elles, bénéficient de la classification de Sunderland (84), en trois groupes : neuropraxie, axonotmesis et neurotmesis.

En stimulodétection, les axonopathies se caractérisent par une vitesse de conduction normale ou sub-normale avec une diminution de l'amplitude de la réponse et une latence F normale (concept d'onde F expliqué ultérieurement).

A l'inverse dans le cadre des myélinopathies, les vitesses sont typiquement diminuées avec une latence F augmentée (63).

Malgré ses possibilités, la stimulodétection classique connaît des limites essentiellement liées à l'accessibilité de la stimulation pour la mesure des vitesses de conduction nerveuses périphériques motrices et sensibles au niveau du tronc nerveux.

A priori ces vitesses ne sont pas ralenties dans les radiculopathies, cependant, un ralentissement des vitesses de conduction est possible lorsqu'il existe une déperdition axonale prédominant sur les fibres de gros calibre (14) dans certaines radiculopathies chroniques :

C'est pourquoi des études réflexologiques visant à recueillir des potentiels évoqués tardifs (reflex H, onde F) et des potentiels évoqués somesthésiques sont venues compenser l'insuffisance de ces techniques tout particulièrement pour l'exploration des atteintes proximales.

*3). Mesures des vitesses de conduction proximales,*  
*réponses tardives (réflexe H et onde F) :*

❖ Réflexe H :

➤ Définition :

Equivalent du réflexe achilléen, il étudie la conduction des fibres sensibles et motrices du réflexe monosynaptique empruntant la racine S1 et passant par la moelle (stimulation des fibres sensibles du sciatique poplité interne (SPI) au creux poplité, recueil musculaire au mollet) (14).

➤ Historique :

Le réflexe rotulien décrit en 1875 par Erb et Westphal fût introduit dans la sémiologie neurologique par Charcot : l'explication sous le terme de myotatique de ce phénomène a été donnée par Gowers en 1881, c'est en 1918 que Paul Hoffmann (43) montrera chez l'homme la possibilité d'obtenir une réponse réflexe du muscle soléaire à partir d'une stimulation électrique du nerf SPI.

Il faudra attendre 1950 pour que Magladery et Coll (56) démontrent l'existence de l'arc myotatique monosynaptique.



Désormais, la réponse motrice sera désignée par la lettre M et la réponse réflexe par la lettre H, Paillard en 1955 (67), définira les bases de l'exploration de l'excitabilité médullaire chez l'homme. C'est en 1971 avec la thèse de Guiheneuc sur « la vitesse de conduction nerveuse motrice et réflexe de Hoffmann » que la partie proximale du système nerveux périphérique fût explorée par une méthode fiable.

➤ Technique (figure 6) :

L'étude du réflexe H mesure la latence de l'arc réflexe monosynaptique qui emprunte les fibres afférents Ia et les fibres motrices efférents alpha.

Le réflexe H peut être normalement obtenu à la naissance dans les muscles de la main et du pied, mais dès l'âge de 12 mois, il n'est habituellement présent que sur le muscle soléaire.

Pour l'obtention du réflexe H sur le muscle soléaire, le nerf SPI est stimulé au creux poplité par un choc d'une durée supérieure à 0,5 ms et une fréquence de 0,5 Hz.

Le réflexe H est généralement obtenu à une intensité trop basse pour produire la réponse M.

En augmentant progressivement l'intensité, la réponse M augmente tandis que l'amplitude du H décroît.

Ainsi obtenu, le réflexe H a une latence de l'ordre de 30 à 35 ms, plus courte que l'onde F et relativement stable (12).

➤ Interprétation :

La latence est le principal critère d'évaluation de ce réflexe H. Elle est toutefois influencée par la taille du sujet, et c'est pourquoi l'étude comparative prend toute son importance pour retrouver une modification par rapport à la normale.

Compte tenu des variations liées à la taille Guiheneuc propose (38) l'utilisation d'un index appelé  $\text{index H} = (\text{taille du sujet} / \text{H} - \text{M})^2 \times 2$  dont la valeur normale se situe à  $102,3 \pm 7$ .

Braddom (17), en 1974, propose un autre monogramme pour évaluer la latence :  $H = 9,14 + (0,46 \times \text{longueur du membre}) + (0,1 \times \text{l'âge})$ .

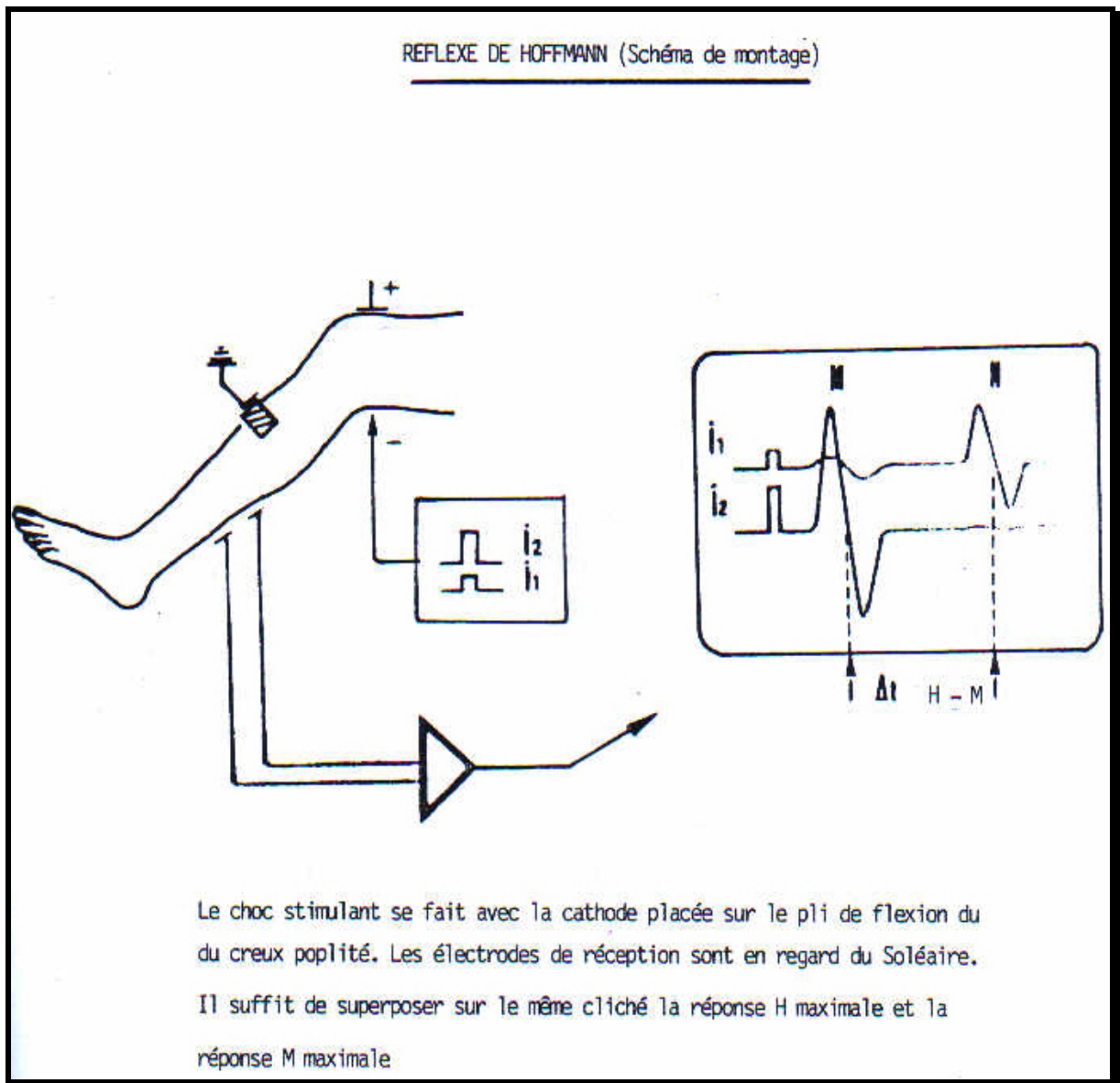


FIGURE 6 : (28, 60),schéma de montage du réflexe H.

L'interprétation doit tenir compte également de l'amplitude de la réponse H, variable selon les sujets mais que l'on peut exprimer selon un ratio  $H_{max} / M_{max}$  avec des valeurs moyennes à 0,55 (0,33 à 0,80) sur le soléaire selon Descuns et Guiheneuc (24).

Les résultats de ce ratio doivent être analysés prudemment, car il existe de grosses variations interindividuelles, et l'on exige un chiffre inférieur à 50% de la normale au minimum pour le considérer comme pathologique (24).

➤ Avantages et inconvénients :

Au membre inférieur sur le soléaire, le réflexe H étudie les voies sensitives afférentes Ia passant par la racine S1.

Son absence va généralement de pair avec l'abolition du réflexe achilléen.

Son étude paraît ainsi utile dans l'évaluation des neuropathies proximales mais aussi dans l'évaluation des neuropathies axonales (12,78).

Le réflexe H a un inconvénient important, constitué par son utilisation presque exclusivement restreinte au soléaire et donc au territoire S1, (38) même si Guiheneuc a montré qu'il était possible de l'utiliser aussi dans le territoire de L4.

❖ Onde F :

➤ Définition :

La stimulation du nerf provoque aussi une réponse inconstante (onde F) et tardive due à la décharge récurrente antidromique (direction centripète de l'influx) des motoneurones spinaux activés.

La latence F correspond au trajet point de stimulation motoneurone muscle et explore la partie proximale du nerf moteur (14).

➤ Historique :

Elle fût observée par Magdalery et Mac Dougall pour des situations supra maximales ; ils l'appelèrent onde F, il faudra attendre 1956 (Dawson et Merton) pour qu'une explication satisfaisante soit donnée à ce potentiel évoqué.

Il s'agit d'un phénomène purement moteur par activation antidromique des motoneurones spinaux par un stimulus supra maximal.

Kimura (50) a montré récemment (1983) que la réponse F n'était pas sélective d'une population particulière de motoneurones spinaux.

C'est pourquoi, dans le cadre de l'étude des conceptions nerveuses proximales des axones moteurs les plus rapides il faudrait retenir la latence F la plus courte (F minimum).

➤ Technique (12) :

La stimulation se fait selon le même principe que pour le réflexe H, mais on augmente ici l'intensité de stimulation à un seuil supérieur, donc un stimulus supra maximal appliqué à n'importe quel point sur le trajet d'un nerf moteur entraîne une réponse tardive de faible amplitude qui suit la réponse évoquée musculaire directe (réponse M).

Cette réponse tardive, appelée onde F, est facilement obtenue par la stimulation distale des nerfs médian, cubital, sciatique poplité interne et externe.

Si elle est difficile à obtenir une légère contraction musculaire potentialise souvent la réponse.

➤ Interprétation (figure 7) :

Aux membres supérieurs, elle a une latence de l'ordre de (25à30ms) et aux membres inférieurs de (45à50ms).

La latence et la configuration du potentiel obtenu varient sensiblement d'une réponse à l'autre.

Il est habituel de recueillir au moins une dizaine d'ondes F, de mesurer la latence la plus courte et la plus longue (12).

Le critère d'interprétation le plus souvent utilisé et considéré comme le plus fiable est la latence minimale F.

➤ Avantages :

L'onde F permet ainsi l'exploration de l'ensemble du trajet du nerf moteur de son origine à l'extrémité, notamment les parties proximales qui ne sont pas explorées par les méthodes conventionnelles (12).

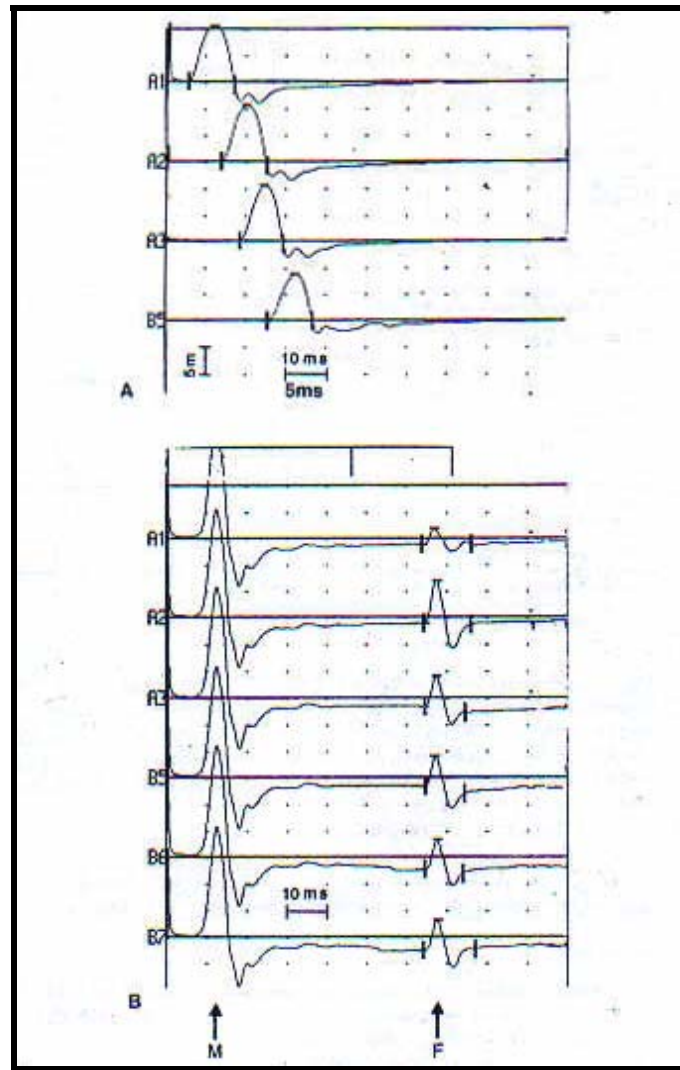


FIGURE 7(12) : A : Vitesse de conduction motrice étagée sur le nerf cubital.

A1 : Stimulation au poignet.  
A2 : Stimulation en dessous du coude.  
A3 : Stimulation au dessus du coude.  
B5 : Stimulation axillaire.

B : Onde F.  
Stimulation distale du nerf médian au poignet.



**4). Tableau comparatif des caractéristiques du réflexe H et de l'onde F (12) :**

	Réflexe H	Onde F
Nature de la réponse	Réflexe monosynaptique	Décharge motoneuronale antidromique
Voie afférente	Fibres 1a	Fibres motrices alpha
Voie efférente	Fibres motrices alpha	Fibres motrices alpha
Distribution	Muscle soléaire chez l'adulte	La plupart des muscles
Seuil de stimulation	-Bas, absent en stimulation supramaximale	-Supramaximale, absent Avec stimulation infraliminaire
	-Largeur du choc : 0,5 à 1ms	-Largeur du choc : 0,2 à 0,5 ms
Apparence et Persistance de La réponse	Plutôt constante à faible Fréquence de stimulation	Variable
Latence	Plutôt constante, plus courte Que l'onde F	Variable
Amplitude maximale	Plus grande que l'onde F, Jusqu'à 50-100 % de L'onde M	Réduite, inférieure à 5 % de la Réponse M

**5). Valeurs et limites des réponses tardives H et F**  
**dans les radiculopathies :**

Celles-ci ont l'avantage d'étudier la conduction dans le segment proximal des racines.

De plus elles se modifient rapidement dans le cours évolutif des radiculopathies, à la différence de l'EMG.

Toutefois plusieurs facteurs réduisent malheureusement l'intérêt de ces explorations (59) :

**1/- la stimulation du tronc du nerf (qui comprend des fibres appartenant à des racines différentes) peut diminuer la sensibilité de la méthode :** ainsi la conduction peut être globalement normale malgré un obstacle très localisé à la propagation du signal (ex : hernie discale), l'atteinte d'un petit contingent de fibres étant masquée par la normalité de la conduction dans les autres, notamment celles gagnant les interneurons médullaires par une autre racine.

2/- le trajet exploré est long : une anomalie des réponses ne signe pas spécifiquement une atteinte radiculaire proximale car elle peut aussi correspondre à une atteinte tronculaire, pléxique, voire médullaire ; d'autre part une diminution discrète de la vitesse de conduction sur une portion limitée du trajet peut passer inaperçue du fait d'un « rattrapage » de ce retard par la normalité de la propagation le reste du trajet (dilution du rapport signal/bruit).

3/- il existe également des superpositions de territoires moteurs, source d'erreurs de diagnostic (24).

4/- le réflexe H peut rester anormal, de nombreuses années après un premier épisode de sciatique S1 guérie cliniquement (de la même manière qu'une aréflexie peut persister) : son anomalie ne signe donc pas forcément une sciatique évolutive (62,95).

La réponse F n'explore que la voie motrice qui est inconstamment atteinte cliniquement dans la lombo-sciatique, avec donc comme corollaire un risque de manque de sensibilité diagnostique.

Ces limitations sont illustrées par les résultats rapportés dans la littérature .

*En ce qui concerne le réflexe H :*

\*Bonne corrélation avec la perte du réflexe achilléen (29, 17, 33), avec par exemple chez Braddom (17) 88% d'anomalies du réflexe H en cas diminution ou d'abolition du réflexe clinique.

Cette bonne corrélation avec la recherche du réflexe achilléen est certes rassurante quant à la performance du test, mais limite l'apport de celui-ci au diagnostic (il est aussi simple d'étudier ce réflexe cliniquement dans la plupart des cas).

\*Sensibilité de l'examen pour le diagnostic de radiculopathie (ici S1) variable selon les auteurs : élevée chez Descuns (24), ou encore pour Bence (10), qui trouve 19 patients avec anomalies sur 38, dans une population mixte L5 et S1, en utilisant l'index H et le ratio H/M comme critère d'évaluation.

De même Linden, en 95 (54), retrouve 7/9 patients positifs, et Braddom (17) obtient une sensibilité élevée de 84% lors de l'atteinte S1, mais sur une population sélectionnée avec réflexe achilléen absent ou diminué.

A l'inverse, d'autres études comparant les différentes techniques d'exploration sont moins optimistes avec pour Aminoff (1) une sensibilité de 41% dans les atteintes S1, et pour Kuruoglu (52) un résultat de seulement 32%.

*En ce qui concerne la réponse F:*

\*Quelques études rapportent une sensibilité relativement élevée comme par exemple celle de Fischer (34) avec 79% de positivité, le test F pouvant même rivaliser dans ce groupe de patients avec les résultats de l'EMG de détection.

Tokoyura (87) retrouve également, en utilisant tous les paramètres de F pour l'analyse, une sensibilité de 70% avec une très bonne spécificité. Il note dans cette étude que les anomalies sont plus fréquentes sur le nerf péronier que sur le nerf tibial, y compris dans les atteintes cliniques S1. Toutefois les résultats de cet auteur n'étaient pas corrélés avec les paramètres cliniques, ni avec les données de l'EMG.

\*La plupart des autres travaux, qui utilisent seulement la latence minimale de F comme critère diagnostique, font part de résultats plus décevants.

C'est le cas par exemple chez Aminoff (1) pour qui la sensibilité de l'onde F n'est que de 18%, ou encore pour Kuruoglu (52) de 13%, avec une sensibilité de seulement 35% si on additionne les ondes H et F.

Les chiffres de Tanzola (88) sont similaires avec une sensibilité globale des réponses tardives de 26%, et ceux de Tullberg (91) sont encore plus bas, avec seulement 15% de cas d'anomalies de ces réponses dans les territoires de souffrance radiculaire prouvés anatomiquement (diagnostic chirurgical).

\*\*\*\*Ces données de la littérature laissent à penser que l'étude de la réponse F, en n'utilisant que le critère habituel de latence minimale, n'a qu'une faible sensibilité (25 à 30%) dans le diagnostic des radiculopathies lombo-sacrées.

Toutefois, ceci pourrait être du en partie à une compétence moins bonne de certains expérimentateurs, ou à une interprétation trop grossière des données.

Ce qui fait que l'intérêt diagnostique de ces réflexes reste limité : pour le réflexe H par sa redondance avec la recherche clinique du réflexe achilléen, et pour le réflexe F par son manque de sensibilité (59).

## 6). Potentiels évoqués somesthésiques et moteurs :

### ❖ Définition et intérêt :

L'étude des conceptions par l'EMG ne permet de mesurer que les conceptions nerveuses périphériques tronculaires.

Grâce aux techniques récentes des Potentiels évoqués sensitifs (PES) et moteurs (PEM), il est aussi possible d'évaluer les conceptions sensitives et motrices pléxiques, radiculaires, médullaires, et cérébrales.

Les potentiels évoqués (PE), complément (3) indissociable de l'EMG standard, constituent les réponses électriques obligatoires du système nerveux à une stimulation sensitive (PES) ou motrice (PEM).

Recueillis en différents points de la voie anatomique étudiée, ils traduisent soit la réponse des corps cellulaires neuronaux de la voie (à l'origine ou à la terminaison de la voie ou dans une synapse du trajet de la voie), soit la réponse des axones de cette voie en un endroit précis.

Leur utilité repose sur leur capacité à situer le niveau lésionnel, à mettre en évidence des anomalies lorsque l'anamnèse et l'examen clinique sont difficiles à interpréter et à révéler des lésions non suspectées (14).

❖ Potentiels évoqués moteurs (PEM) :

➤ Définition :

Les PEM constituent une nouvelle méthode de mesure atraumatique des conceptions motrices, centrales et radiculaires, grâce à l'utilisation d'un stimulateur magnétique indolore mais suffisamment puissant pour activer directement les voies motrices à travers le cadre osseux crânien ou vertébral.

Les contre indications à la stimulation sont représentées par l'épilepsie et la présence d'un pacemaker ou d'un corps métallique intracrânien ou rachidien (16, 14).



➤ Historique :

L'exploration des voies motrices centrales échappait encore à l'arsenal neurophysiologique, jusqu'à la mise au point en 1980 d'un stimulateur électrique (61, 16), puis surtout en 1985 d'un stimulateur magnétique totalement indolore (9, 16) mais suffisamment puissant pour activer directement le cortex moteur à travers la boîte crânienne chez le sujet inconscient.

Il devient possible, en enregistrant simultanément un muscle des membres, d'obtenir un PEM reflétant la transmission de l'influx du cortex à la périphérie.

➤ Technique :

Les réponses musculaires sont recueillies sur les muscles au moyen de deux électrodes de surface.

Le centre de l'anneau de stimulation (une seule stimulation est en général nécessaire contrairement aux PES) est appliqué au niveau de la boîte crânienne sur le cortex moteur (PEM cortical) ou à l'arrière de la tête (PEM du tronc cérébral) ou au niveau des épineuses cervicales, dorsales ou lombaires (PEM vertébrale) (14).

➤ Résultats et interprétation :

Les PEM sont enregistrés sur le muscle au repos et, pour la stimulation cérébrale, lors de la contraction volontaire légère du muscle afin de faciliter la réponse.

Les latences des PEM sont mesurées en millisecondes et un temps de conduction motrice centrale (TCMC) est calculé en soustrayant de la latence du PEM cortical (cortex- muscle), la latence du PEM vertébral (rachis- muscle).

Les PEM corticaux correspondent à l'excitation directe des neurones pyramidaux, et les PEM vertébraux à l'excitation de la racine motrice proche de son émergence médullaire (environ 1cm) (14).

L'interprétation des résultats (16, 14) permet de situer la lésion soit pléxique ou radiculaire, soit centrale (médullaire ou cérébrale).  
Les résultats sont établis en « moyennant » un grand nombre de réponses successives.

❖ Potentiels évoqués somesthésiques (PES) :

➤ Définition de la fonction somesthésique :

La sensibilité somatique (ou somesthésie) a pour l'organisme une double signification : on a le concept défini par Head au début du siècle de « sensibilité protopathique » (ou grossière), et le concept de « sensibilité épicrotique » (ou discriminative).

Avertissant le système nerveux d'une modification au milieu extérieur, elle engendre l'adaptation locale, régionale ou générale qui permet à l'organisme de faire face à une situation nouvelle (23).

➤ Technique :

Les PES sont obtenus en recueillant au vertex ou en regard du rachis des signaux électriques par électrode de surface, après stimulation en distalité.

Cette dernière peut être pratiquée :

\*Sur le tronc d'un nerf (sensitif pur ou sensitivomoteur).

\*Sur un dermatome (ce dernier site de stimulation procure les résultats les plus probants dans l'étude des radiculopathies lombosacrées) (1, 22).

L'analyse se fait principalement sur la latence des réponses et à moindre degré sur les amplitudes.

➤ Résultats et interprétation :

Les anomalies des PES ne sont pas spécifiques d'une étiologie particulière et doivent être interprétées en fonction du contexte clinique et radiologique.

Les réponses enregistrent l'activité de structures anatomiques légèrement différentes selon que l'électrode de référence est céphalique ou non.

Les réponses recueillies dans la région dorso-lombaire correspondent à l'activité au niveau du plexus lombo-sacré, des racines et de la moelle dorso-lombaire. La réponse du scalp correspond à l'activité de l'aire somesthésique corticale.

L'interprétation des résultats permet de situer la lésion au niveau pléxique ou radiculaire, médullaire ou dorso-lombaire ou plus proximal médullaire ou cérébral (14).

L'étude différentielle des réponses au vertex et au rachis peut mettre en évidence aussi de atteintes centrales surajoutées.



## CHAPITRE : 3

PERFORMANCES DE L'EMG POUR LE DIAGNOSTIC DE LA  
SCIATIQUE DISCALE :

↳ ⑩ ⑨ ④ ④ ① ① ③ ⑥ ⑦ ④ ① ④ ① ⑩ ⑩ ① ① ④ ① ① ⑧ ① ④ ⑩ ⑥  
① ① ① ① ④ ③ ④ ⑩ ⑦ ④ ① ② ④ ⑤ ① ⑩ ④ ⑥ ④ ⑩ ④ ⑨ ② ④ ⑨ ③ ⑥  
⑨ ⑩ ④ ④ ① ⑤

conflit disco- ou ostéophyto-

radiculaire.

On rappellera également, dans la genèse de la lombo-sciatique, l'importance des médiateurs chimiques du processus inflammatoire susceptibles d'engendrer diverses altérations neurophysiologiques de la racine nerveuse, même lors d'un contact sans compression (15, 57).

Les explorations neurophysiologiques jouent un rôle important pour la sélection des patients, le choix de l'intervention la plus appropriée et la définition des meilleures cibles neurochirurgicales...parfois des tests temporaires transcutanés (transcrâniens) ou percutanés (crâniens, rachidiens) utilisant des stimulations de différents types, peuvent simuler (et par la suite prédire) les effets thérapeutiques recherchés.

Il n'y a pas de doute sur le fait que les neurophysiologistes cliniques sont de plus en plus impliqués dans les prises des décisions thérapeutiques.

En post-opératoire, l'arsenal physiologique peut également être d'une aide précieuse pour l'ajustement des paramètres et l'adaptation du traitement...enfin la neurophysiologie clinique est primordiale pour donner une appréciation objective de l'efficacité de la thérapeutique mise en œuvre ; elle a bien entendu une position clé dans les processus d'évaluation et de validation des nouvelles méthodes chirurgicales (58).

Tout ce travail neurophysiologique est à l'évidence consommateur de temps. Il nécessite des spécialistes bien entraînés et expérimentés, en contact fréquent avec l'équipe chirurgicale (58).

Ainsi la bonne pratique de l'étude électrophysiologique nécessite donc de la part du praticien de bonnes connaissances d'anatomie, de physiologie et de neurologie pour interpréter de façon pertinente les données recueillies (4).

Mais malgré un contexte clinique évocateur et une imagerie médiale démonstrative, de nombreuses investigations électrophysiologiques restent normales et n'apportent pas la preuve du conflit radiculaire (57).

Donc la sensibilité de l'EMG reste imparfaite :

Les auteurs les plus pessimistes rapportent des chiffres de 20% (91), 35% (47), ou 30% en n'utilisant que les signes à l'insertion ou au repos comme critère de positivité (21).

D'autres obtiennent de meilleurs résultats : 48% (33), 51% (88), 65% (30), 73% (51), 75% (1), 79% (90% en présence de signes cliniques de souffrance neurologique) (54), 86% (52).

Une méta-analyse rapide de ces études permet donc d'estimer la sensibilité de l'EMG entre 50 et 70% des sciatiques discales.

Cette sensibilité imparfaite tient sans doute plus aux limites de la technique et aux considérations anatomo-physiologiques évoquées antérieurement, qu'à la contamination du pool des sciatiques discales par des sciatalgies relevant d'autres causes (douleurs projetées d'origine rachidienne ou non). Un EMG normal ne peut donc éliminer la possibilité d'une sciatique discale, surtout si l'examen est pratiqué trop tôt (avant le dernier mois), alors que les fibres n'ont pas encore eu le temps de dégénérer, ou trop tard (quand le muscle est réinnervé par d'autres nerfs provenant par exemple des racines adjacentes).

A l'inverse, il faut reconnaître à l'EMG la rareté (quasi-absence) de faux positifs (95), et ceci peut permettre de rattacher certaines douleurs atypiques à une cause radiculaire et éviter des investigations plus onéreuses ou dangereuses.



Surtout, la positivité de l'EMG peut conforter le chirurgien, sollicité pour des douleurs un peu atypiques et ayant résisté au traitement médical, dans sa décision éventuelle d'opérer, même si l'inverse un EMG négatif ne peut, et ne doit évidemment pas être considéré à lui seul comme une contre-indication à la chirurgie.

L'EMG peut aussi apporter des arguments pour préciser quelle racine est lésée ; toutefois les informations fournies à ce sujet doivent toujours être réexaminées de manière critique. En effet :

1)- L'atteinte de plusieurs racines n'est pas exceptionnelle, et l'EMG peut enregistrer des signes moteurs sur une racine alors que les douleurs proviennent de la souffrance des petites fibres nociceptives d'une autre racine (non explorable par l'EMG).

Le même raisonnement vaut d'ailleurs aussi pour les données cliniques (un discret déficit moteur S1 ou L5 ne signe pas définitivement que les douleurs sont dues à la souffrance de cette racine).

2)-Même lorsque la racine est correctement identifiée, les sites de souffrance anatomique peuvent être inhabituels : souffrance foraminale, racines conjointes, etc....

En effet, une étude belge (réalisée en 2001) à propos de l'exploration électrophysiologique du plexus lombo-sacré (70), a démontré que les plexopathies sacrées se confondent facilement avec les radiculopathies lombo-sacrées surtout si multiples (syndrome de queue de cheval).

Les anomalies sensitives des nerfs sural et musculo-cutané ne permettent pas toujours de faire le diagnostic différentiel surtout chez la personne âgée où l'absence des réponses sensitives est courante et seulement due à l'âge.

A/- APPORTS ET LIMITES DES MESURES DES  
VITESSES DE CONDUCTION NERVEUSE (STIMULO-  
DETECTION) DANS LA LOMBO-SCIATIQUE  
D'ORIGINE DISCALE :

L'EMG et les mesures des vitesses de conduction nerveuse (VCN), malgré les grands progrès de la neuroimagerie, restent un important outil diagnostique dans l'évaluation des désordres du système nerveux périphérique.

Cependant, une critique de cette méthode reste nécessaire pour améliorer son utilisation (82).

Il est admis que les tests électrodiagnostics, peuvent être considérés comme un prolongement de l'examen neurologique clinique (5), mais aussi, qu'ils révèlent seulement dans de rares cas un dysfonctionnement du système nerveux périphérique en absence d'anomalies de l'examen clinique (82).

Cependant, quelque temps après l'établissement des tests électrodiagnostics, les neurophysiologistes cliniques ont remarqué une augmentation du nombre de patients référés pour un examen électrodiagnostic, mais cela sans indication claire, ce qui a pour conséquence de faire attendre des patients qui en ont vraiment besoin.

C'est pour cela qu'une étude (82) a été réalisée dans un laboratoire central d'EMG en Slovénie (durant les premiers 4 mois de l'année 2002), et dont le but était d'explorer ce problème, à propos de 300 patients dont 42% étaient des hommes.

55% des patients avaient un diagnostic initial, et des anomalies d'électrodiagnostic ont été retrouvées chez 45% des patients examinés. En utilisant différentes méthodes statistiques, il a été établi que, à part 20 patients qui avaient un syndrome du canal carpien, aucun patient qui avait un examen clinique normal n'avait d'anomalies électrophysiologiques.

Il faut donc proposer pour examen électrodiagnostic, seulement les patients qui ont des signes cliniques évidents d'anomalies du système nerveux périphérique, ou des patients qui ont des symptômes typiques du syndrome du canal carpien(82).

\*\*\*\*Pour ce qui est de la place de ces tests dans l'exploration des lombosciatiques discales, il faut d'abord rappeler que les racines, lors des radiculalgies d'origine discale peuvent suffisamment souffrir pour qu'une démyélinisation apparaisse à la partie proximale du nerf.

Une des conséquences d'une lésion nerveuse périphérique est l'apparition d'activités anormales au sein des fibres lésées (25, 2, 65).

Ce segment proximal ne peut toutefois être exploré par les techniques de mesure des vitesses de conduction.

Ceci explique la sensibilité très imparfaite de ces modalités d'exploration dans le diagnostic des lésions radiculaires lombosacrées d'origine discale.

De nombreux auteurs constatent en effet que les mesures des VCN sont tout à fait normales dans la quasi-totalité des cas de lombosciatiques discales explorées (1, 88, 24, 30), et concluent que les mesures des VCN sont peu utiles au diagnostic des radiculopathies (95, 1, 27).

Cette mesure garde toutefois un intérêt évident pour la recherche d'un diagnostic différentiel (atteinte tronculaire, pléxique, mono ou multinévrite) (95, 1, 27), et certains auteurs (29) ont rappelé l'intérêt de l'analyse de l'amplitude des potentiels musculaires obtenus en réponse à la stimulation pour mesure de VCN motrice, qui serait un reflet du nombre d'axones encore actifs et pourrait en cas de diminution constituer un signe de dégénérescence axonale (29).

**B/- APPORTS ET LIMITES DES (PEM) ET DES (PES)**  
**DANS L'EXPLORATION DES**  
**LOMBORADICULALGIES D'ORIGINE DISCALE :**

Le diagnostic clinique des lésions de la moelle lombo-sacrée, est souvent difficile, car les signes des motoneurones supérieurs peuvent être masqués par la participation fréquente des motoneurones inférieurs, causant à titre d'exemple un égard du diagnostic du syndrome de queue de cheval dans beaucoup de cas.

L'EMG peut révéler une réorganisation des potentiels de fibrillation ou des potentiels d'unité motrice au niveau des muscles des membres inférieurs, confirmant ainsi la participation des motoneurones inférieurs.

Cependant, à la base des données de l'EMG il n'est pas possible d'établir le site exact de la lésion : racine ou corne antérieure de la moelle épinière.

Plus récemment, la technique non invasive et non douloureuse des PEM a été introduite.

Elle offre une exploration fonctionnelle de la moelle épinière et des racines motrices (92).

Des études antérieures avaient suggéré une contribution possibles des PEM dans le diagnostic des radiculopathies lombo-sacrées (8, 11).

Mais une étude italienne, prospective à propos de 37 patients durant deux ans (de janvier 2002 jusqu'à décembre 2003), a conclu que l'enregistrement des PEM est un test précieux et facilement applicable pour le diagnostic des lésions de la moelle épinière lombo-sacrée (92).

L'intérêt théorique des PEM et PES, est de permettre l'étude des segments proximaux des derniers nerfs, et également d'étudier de manière plus sensible la conduction sensitive (22, 89).

Ces techniques sont toutefois sujettes à beaucoup de limitations :

1)- Dilution de l'anomalie de conduction par la longueur du segment exploré :

Cette difficulté sera peut être atténuée par la stimulation magnétique para-vértébrale qui pourrait permettre d'explorer des segments plus courts, mais ces espoirs demandent à être confirmés (31, 11).

De même la faisabilité en pratique quotidienne de la stimulation épidurale (entre T12 et L2) reste à démontrer, ce qui pourrait être une avancée, car cette technique procurerait une sensibilité de 80% (19, 30).

2)- Grande variabilité interindividuelle et même d'un côté à l'autre pour un même sujet, rendant difficile l'établissement de valeurs normales et l'interprétation des anomalies retrouvées chez un sujet donné.

3)- Difficulté à différencier les séquelles de lésions antérieures des souffrances récentes.

4)- Remontée possible de l'influx par des anastomoses ou la redistribution des fibres dans les plexus : ainsi un travail chez le proc a montré que les PE Somesthésiques dermatomax (PESS-D) pouvaient rester normaux malgré la section complète de la racine concernée (85).

5)- Nécessité parfois d'une stimulation submaximale : une étude récente réalisée en 2005 chez le rat, où les changements pré et post-transection de la racine nerveuse concernée ont été comparés pour déterminer avec précision les caractéristiques et les valeurs normales des PESS-D du membre inférieur, et l'intensité optimale de la stimulation nécessaire.



Cette étude a conclu que les PESS-D sont précieux pour détecter les lésions monoradiculaires aiguës, et dans un cadre clinique, une stimulation dermatomale submaximale identifie les anomalies de conduction plus constamment qu'une stimulation supramaximale avec moins de faux négatifs et de faux positifs (90).

6)- Sensibilité diagnostique et thérapeutique controversée dans le cadre des radiculopathies : ainsi, une étude prospective (réalisée en 2001), a examiné la sensibilité diagnostique des différentes études standards de conduction nerveuse, EMG et PESS-D, et les a comparé avec les résultats cliniques (signes moteurs ou sensitifs) et les résultats IRM chez 10 patients qui ont une sciatique non discale.

Sur les 10 patients, 7 avaient des ondes F tardives, 6 avaient des activités spontanées dans leur EMG et 6 avaient des PESS-D prolongés.

Dans ce petit groupe, les tests électrodiagnostics avaient une sensibilité similaire, mais les anomalies étaient discordantes.

Il n'a pas été établi de rapport direct entre les résultats cliniques, électrophysiologiques ou radiologiques.

Bien que l'absence d'un contrôle de groupe a rendu impossible de mesurer la spécificité, les tests pouvaient être considérés comme complémentaires, mais la question reste à savoir s'ils doivent être utilisés ou pas dans le planning du traitement (71).

\*\*\*\*L'ensemble de ces limitations citées plus haut, donne des conclusions plutôt mitigées, la sensibilité de ces méthodes allant de 15 à 93% avec une médiane aux environs de 50% : 15% (91), 25% (1), 53% (27), 57% (89), 86% (55), 93% (80).

Nous n'avons pas trouvé d'études concernant l'incidence des résultats des PEM et PES préopératoires sur les résultats de la chirurgie.

Par contre, le travail de Debatisse paraît très intéressant :

Cet auteur a en effet montré que des PES normaux, au quatrième jour après l'intervention, prédisaient dans 92% des cas un résultat favorable, alors que la persistance d'anomalies augurait d'un mauvais résultat dans 55% des cas (22).

## C/- INDICATIONS DES EXPLORATIONS

### NEUROPHYSIOLOGIQUES :

Ces indications sont conditionnées par les apports et limites de EMG.

Les limites sont notables et la sensibilité moyenne.

Un examen normal n'élimine pas l'hypothèse d'une radiculopathie.

Ce pourcentage non négligeable de faux négatifs est en relation avec le caractère souvent modéré, démyélinisant et partiel de l'atteinte, en relation avec le fait que l'innervation du muscle est pluriradiculaire et souvent variable entre les individus, en relation aussi avec les phénomènes de réinnervation collatérale.

Cet examen n'apporte par ailleurs aucune information étiologique.  
Cette limite est importante dans le suivi postopératoire des patients.

Il n'y a non plus pas d'informations sur le niveau intervertébral.  
Une radiculopathie L5 peut être due à une atteinte compressive médiane de niveau L3L4 par une compression postéro-latérale de niveau L4L5, ou encore par une compression très latérale au niveau L5S1 (46).

Sa valeur prédictive enfin reste très limitée au même titre que les explorations neuroradiologiques.

Ce manque de sensibilité est en revanche compensé par l'excellente spécificité de ces tests capables d'apporter une signification pathologique à l'image.

Toutes ces informations objectives et limites de l'EMG nous ont conduit à ne considérer comme indication justifiée de cet examen dans une radiculopathie que :

*\*les atteintes radiculaires cliniques sans anomalies radiologiques objectivables.*

*\*les radiculopathies suspectées mais avec un tableau clinique atypique, à la recherche d'une autre étiologie.*

*\*les radiculopathies avec discordance radioclinique topographique, pour lesquelles la confirmation de l'atteinte radiculaire par l'EMG est un élément déterminant de la prise en charge chirurgicale.*

Le bilan EMG préopératoire indispensable pour juger d'une éventuelle amélioration, aggravation ou régression des anomalies dans le cadre d'un suivi postopératoire, pour évaluer toute reprise de la symptomatologie douloureuse reste par contre pour une part controversé.

Son rôle est en effet limité par :

- \*l'absence d'informations étiologiques.
- \*la régression lente des activités spontanées anormales de repos, dans les suites de la levée de la compression radiculaire.

L'étude des PESS par stimulation tronculaire peut en revanche se justifier dans ce suivi postopératoire, à la recherche d'une désafférentation sensitive responsable d'une pérennisation de la symptomatologie douloureuse, mais aussi à la recherche d'une souffrance cordonale postérieure (46).

Enfin, citons qu'un schéma myotomale des muscles participant à la radiculopathie peut être plus précieux pour les électromyographistes qu'un schéma anatomique traditionnel.

Cette donnée peut aider le clinicien et le chirurgien dans le diagnostic et le traitement des radiculopathies lombosacrées : c'est la conclusion d'une étude américaine très récente (2002), qui a consisté en une comparaison entre les résultats électromyographiques et les résultats de la chirurgie chez 45 patients souffrant de monoradiculopathies lombo-sacrées (18), citons qu'une étude antérieure à propos de 27 cas fût réalisée (72) dans le même sens.



## CHAPITRE : 4

EVALUATION DE L'INTERET DIAGNOSTIQUE ET PRONOSTIQUE DE  
L'EMG PREOPERATOIRE DANS LA CHIRURGIE DISCALE POUR  
RADICULALGIE LOMBO-SACREE :

Le souhait des médecins et des chirurgiens serait de pouvoir repérer au mieux les bonnes indications chirurgicales face à un patient souffrant de sciatique discale (20,7).

Les données de la clinique comme de l'imagerie ne sont pas suffisantes pour permettre une sélection optimale des patients à opérer (7,48)

De ce fait, on aurait pu s'attendre à ce que la valeur prédictive des explorations électrophysiologiques préopératoires sur les résultats à court et à long terme de la chirurgie discale fasse l'objet de nombreux travaux.

En fait, seules quelques études (91,32) ont été consacrées à la valeur pronostique de l'EMG sur les résultats de la chirurgie discale (tableau II).

TABLEAU (II) : Résultats comparés de l'étude de Tullberg et de l'étude de Rodet (59).



		Résultat B ou TB	Résultat moyen ou échec	Total B ou TB résultat
Patients EMG préop positif	Tullberg (5)	4/5	1/5	19/25(76%)
	série de Rodet (20)	15/20	5/20	
Patients EMG préop néгатif	Tullberg (15)	8/15	7/15	15/25(60%)
	Série de Rodet (10)	7/10	3/10	

Attention ! Les  
résultats de

l'étude de Tullberg sont ici rapportés en vrais positifs d'après les données  
exposées dans l'article référencé en (91).

L'analyse des résultats faite par cet auteur a été réalisée en considérant  
comme positifs les vrais et les faux positifs.

D'autre part, les examens électrophysiologiques réalisés y étaient plus  
nombreux, incluant notamment les PES.

L'étude la plus intéressante et qu'on va détailler le plus au cours de ce travail, a été réalisée par Mr.D.Rodet au CHU de Nantes en 1998 :

A partir d'une liste de 384 patients ayant récemment eu un EMG pour sciatique discale réalisé par un même opérateur chevronné, il a respectivement étudié le devenir clinique à long terme de ceux qui ont été opérés dans les 6 semaines suivant cet examen.

### 1)- PATIENTS :

Sur les 384 patients ayant eu un EMG pour une radiculalgie lombaire d'origine discale dans un même hôpital depuis 1990 jusqu'à 1997, sélection des 37 patients ayant été opérés durant les 6 semaines suivantes du fait de la persistance des symptômes de sciatique, puis contact téléphonique des 30/37 patients joignables.

Après un recul moyen de 42,1 +/- 22 mois par rapport à l'intervention, ces 30 patients ont répondu par téléphone à un questionnaire standardisé sur les radiculalgies, lombalgies et paresthésies résiduelles dans le territoire des anomalies qui avaient motivé le geste chirurgical.

Il a aussi été relevé l'existence de sensations déficitaires motrices ou sensitives et leurs territoires, la présence ou non d'une limitation de la marche, la reprise ou non de leurs activités professionnelles,

et l'appréciation globale du résultat de la chirurgie (douleurs et gêne fonctionnelle). Ce dernier paramètre a aussi été évalué par l'indice « EIFEL » modifié (ANNEXE du chapitre 4) pour les radiculalgies (traduction française de l'indice Rolland et Morris II) (20,26).

## 2)- EXAMENS ELECTROPHYSIOLOGIQUES :

Tous les patients ont eu les mêmes explorations électrophysiologiques, par le même électromyographe (Pr.P.Guiheneuc).

Les méthodes utilisées (26,37) ont compris (dans le même territoire et de manière bilatérale dans tous les cas) :

a)- L'exploration des réflexes H ou F du quadriceps (droit fémoral) et du triceps sural (soléaire). Les amplitudes des réponses étaient mesurées (H/M), ainsi que les vitesses de conduction sur le circuit réflexe (exprimées par un index H ou F) (26,37).

b)- Un enregistrement à l'aiguille électrode concentrique des muscles quadriceps, extenseurs des orteils et triceps sural.

Etaient notées : Les activités au repos (fibrillations ou potentiels lents de dénervation) ; La forme des potentiels d'unités motrices (amplitude, durée, caractère polyphasique) ; La richesse du recrutement maximal (de 0 à 4) ; L'existence d'accélération ou d'irrégularités dans le recrutement maximal.

Les muscles paravertébraux n'ont pas été explorés. Il n'y a pas été tenu compte des résultats des vitesses de conduction nerveuse motrice périphérique, qui étaient normales ou très peu altérées.

**Les critères de positivité retenus ont été :**

**I)- Pour l'EMG** (et selon une distribution myotomale) : L'existence de fibrillations, fasciculations, voire de potentiels d'unités motrices (PUM) polyphasiques d'amplitude et de durée augmentées (réinnervation).

La présence d'anomalies du recrutement en termes de richesse du tracé et de fréquence des décharges de potentiels d'unités (37,27).

II)- Pour la latence H : La diminution de l'index H de plus de trois déviations standards (soit en valeur absolue un index  $H < 80$ ).

III)- Pour l'amplitude de l'onde H : La diminution du rapport  $H_{max}/M_{max}$  de plus de 50% par rapport à la normale (24,38), les anomalies devant être comparées au côté controlatéral.

Les patients avec antécédents radiculaires n'ont pas été exclus, mais seules les anomalies électrophysiologiques en rapport avec des lésions récentes ont chez eux été prises en considération.

### 3)- RESULTATS DE LA CHIRURGIE A LONG TERME :

12 des 30 patients signalaient la persistance de radiculalgies fréquentes ou invalidantes malgré l'intervention.

5 patients signalaient une limitation de la marche.

La reprise de l'activité professionnelle exercée avant l'intervention a pu se faire en moins d'un an dans 22 cas.

14 patients se plaignaient d'un déficit sensitif (dont 6 des 10 patients chez lesquels ceci avait été noté en préopératoire) et 16 de paresthésies persistantes dans le territoire radiculaire opéré, celles-ci n'étant toutefois jamais signalées comme invalidantes.

8 patients signalaient une sensation de perte de force dans le membre inférieur qui avait été le siège de radiculalgie, mais 2 seulement avaient une difficulté à marcher sur les talons ou sur les pointes, dont 1 des 5 patients chez qui un déficit moteur net (inférieur ou égal à 3) avait été noté en préopératoire.

L'appréciation globale du résultat à long terme de la chirurgie est assez favorable quant à la douleur (bon ou très bon résultat pour 22 des 30 patients (66%)).

Les 10 mauvais résultats fonctionnels sont le fait de douleurs persistantes dans 8 cas sur 10, et dans seulement 2 cas sur 10 d'un déficit moteur postopératoire.

Le score « EIFEL » est à distance de la chirurgie en moyenne de 5,45; traduisant une gêne fonctionnelle modérée (ce score allant en effet de 0(pas de gêne) à 24 (impotence presque totale). (26).

#### 4)- VALEUR DES EXPLORATIONS

#### ELECTROPHYSIOLOGIQUES SUR LE RESULTAT

#### POSTOPERATOIRE :

L'examen électrophysiologique s'est révélé positif (anomalies à au moins un des temps de l'exploration) dans 22 cas sur 30 (71%) :

Signes au repos ou à l'insertion dans 11/30 cas, anomalies des PUM et /ou du recrutement dans 19/30 cas.

Le classement des patients selon la présence ou l'absence d'anomalies électrophysiologiques n'a pas permis de noter des différences significatives entre ces deux groupes en ce qui concerne l'âge, la durée d'évolution de la sciatique avant l'intervention ou le recul entre le recueil des données et l'acte chirurgical.

Les patients avec anomalies électrophysiologiques ne signalaient pas plus souvent des paresthésies résiduelles (11/20 versus 5/10) ou de radiculalgies fréquentes ou intenses ou invalidantes (7/20 versus 5/10).

De même, le résultat de la chirurgie sur la douleur était comparable dans les deux groupes :

Bons ou très bons dans 15/20 (75%) cas du groupe avec anomalies électrophysiologiques, versus 7/10 (70%) cas du groupe sans celles-ci.

TABLEAU (III) : Classification de Mac Nab (appréciation du résultat de la chirurgie discale) (59).

Résultat excellent :	*absence de toute douleur lombaire ou radiculaire. *absence de séquelle neurologique. *reprise du même travail, et des activités antérieures.
Résultat bon :	*douleur occasionnelle. *pas de limitation des activités. *reprise du travail
Résultat moyen :	*douleur occasionnelle, plus fréquente. *limitation des activités. *pas de reprise du travail, ou nécessité de changer de profession.
Echec :	*douleur identique ou plus intense qu'avant l'intervention. *activité réduite. *nécessité de nouveaux traitement, voire nouvelle intervention.



Les résultats de la chirurgie, tels qu'appréciés selon la méthode de Mac Nab (tableau III) (18 cas ayant un bon ou très bon résultat avec cette classification), étaient de même superposables dans les deux groupes.

La marche n'était limitée que chez 3/20 patients avec anomalies électrophysiologiques préopératoires versus 1/10 des autres patients.

L'appréciation sur le résultat fonctionnel était bonne ou très bonne dans 15/20 et 5/10 cas respectivement.

Le score « EIFEL » était en moyenne de 5,4 (+/- 4,5) et 5,6 (+/- 4,6) respectivement. De même, aucune différence ne se dégagait quant à la reprise des activités professionnelles, 2 patients dans chaque groupe n'était plus aptes au travail du fait de leurs radiculalgies.

Une même absence de corrélation a été notée en étudiant séparément l'incidence sur le résultat postopératoire des différentes anomalies ayant servi à définir l'EMG comme anormal (signes électriques au repos, signant une lésion récente et active, ou anomalies morphologiques des PUM ou du recrutement).

La seule différence entre les deux groupes concerne la sensation de faiblesse résiduelle des membres inférieurs, plus fréquente chez les patients dont les explorations électrophysiologiques étaient anormales en préopératoire (7/20 versus 1/10) (26).

### 5)- DISCUSSION :

L'étude du devenir à 4ans de ces 30 patients suggère que les données électrophysiologiques recueillies en préopératoire, n'auraient pas permis de prédire l'évolution à long terme de ces radiculopathies en ce qui concerne les douleurs résiduelles, le périmètre de marche et l'indice fonctionnel « EIFEL ».

La seule corrélation trouvée concerne les déficits, sensitifs ou moteurs, rapportés (malgré un recul moyen de plus de 3 ans) plus fréquemment par les patients avec anomalies électrophysiologiques préopératoires (7/20 versus 1/10).

Cette donnée n'est pas sans intérêt mais n'est peut être pas capitale car ces déficits ne paraissent pas avoir d'incidence fonctionnelle, comme conclu également par Falck à propos de 55 patients ayant aussi eu en préopératoire un EMG (32,26).

En effet dans cette étude comme dans celle de Mr Rodet, les patients n'accordaient que peu d'importance à la persistance de signes déficitaires (seuls à être corrélés aux données de l'EMG préopératoire) ou de paresthésies, et fondaient plus leur jugement sur les possibilités fonctionnelles restantes ainsi surtout que sur les douleurs radiculaires résiduelles.

A ce sujet cette présente étude confirme (à partir de l'analyse de 7 de nos 30 cas) qu'il peut y avoir des sciatiques dues à une hernie discale confirmée par l'intervention, dont l'EMG est normal en préopératoire.

Celui-ci ne peut en fait enregistrer que des anomalies des fibres de gros diamètre, alors que les douleurs radiculaires peuvent être générées par la souffrance d'axones de calibres trop petits pour pouvoir être étudiés (88).

L'apport de l'EMG dans la prise en charge des sciatiques discales parait donc aussi limité pour l'évaluation pronostique qu'il l'est pour le diagnostic positif (88,54).

Toutefois, et comme le petit nombre de patients n'a pas permis de séparer lors de l'analyse, les signes électrophysiologiques témoignant d'une lésion aigue récente des motoneurones (fibrillation, décharges itératives) et ceux qui indiquent une instabilité membranaire pouvant témoigner d'une simple irritation (fasciculations).

Une étude prospective et systématique d'un plus grand nombre de patients serait la bien venue, pour affiner ces résultats (26).

En effet, ce fut réalisé (une année après l'étude de Mr Rodet), lors d'une étude faite par Mr. Muller en 1999 au CHU de Lille :

En fait, c'est une étude prospective sur 53 patients à propos de l'intérêt de l'EMG dans la prise en charge d'une souffrance radiculaire du membre inférieur par hernie discale, afin d'évaluer la valeur localisatrice, anatomique et pronostique de l'EMG dans la sciatique (64).

Les patients sélectionnées ont été 16 hommes, 41,1 ans (29 à 52 ans) ; et 16 femmes, 42,8 ans (31 à 56 ans), souffrant d'une sciatique par évoluant depuis 7 semaines en moyenne, confirmée au scanner, qui ont bénéficié d'un EMG systématique de détection des membres inférieurs avec étude des quadriceps, des muscles des loges antéro-externe et postérieure.

Ils ont été évalués initialement et par questionnaire à 11,4 mois en moyenne. Le choix du traitement n'était pas influencé par les résultats de l'EMG.

Et comme résultat, il a été trouvé que l'EMG n'a de valeur localisatrice anatomique que dans 50% des cas, toujours en concordance avec la clinique (64).

Sur 16 patients ayant un EMG normal, 10 ont eu un traitement chirurgical, 6 une nucléolyse, et 1 un traitement médical.

Il n'y a pas de différence significative sur les types de traitements utilisés, que l'EMG soit normal ou pathologique.

23 patients (76,6%) ont une évolution bonne ou très bonne sans qu'il existe de différence entre les patients ayant un EMG perturbé (12/23) ou normal (11/23).

Cette étude a conclu que l'EMG n'a une valeur localisatrice que dans 50% des cas.

## ANNEXE DU CHAPITRE 4 :

### Indice « EIFEL 1 »

L'indice E.I.F.E.L.1 (105)

Il s'agit de la validation en français du Distability Questionnaire de Roland et Morris développé lui-même à partir d'items provenant du S.I.P. (Sickness Impact Profile).

Cet indice EIFEL 1 apprécie surtout le retentissement fonctionnel physique des lombalgies, le retentissement psychologique et social n'étant exploré que par quatre questions.

Une validation EIFEL 2 (version française de la version modifiée Roland-Deyo) est actuellement en cours, coordonnée par joël COSTE dans le cadre du groupe « Qualité de vie ».

*Questionnaire d'évaluation de la capacité fonctionnelle des lombalgies :*

NOM, Prénom :

Date :

Nous aimerions connaître les répercussions de votre douleur lombaire sur votre capacité à effectuer les activités de la vie quotidienne.

Si vous êtes cloués au lit par votre douleur lombaire, cochez cette case et arrêtez-vous là.

En revanche, si vous pouvez vous lever et rester debout au moins quelques instants, tournez la page et répondez au questionnaire qui suit.

Une liste de phrases vous est proposée sur la page suivante.

Ces phrases décrivent certaines difficultés à effectuer une activité physique quotidienne directement en rapport avec votre douleur lombaire.

Lisez ces phrases une par une avec attention en ayant bien à l'esprit l'état dans lequel vous êtes aujourd'hui à cause de votre douleur lombaire.

Quand vous lirez une phrase qui correspond bien à une difficulté qui vous affecte aujourd'hui, cochez-la.

Dans le cas contraire, laissez un blanc et passer à la phrase suivante

.....

Souvenez-vous bien de ne cocher que les phrases qui s'appliquent à vous-même aujourd'hui.

1. je reste pratiquement tout le temps à la maison à cause de mon dos  
.....0
2. je change souvent de position pour soulager mon dos  
.....0
3. je marche plus lentement que d'habitude à cause de mon dos  
.....0
4. à cause de mon dos, je n'effectue aucune des tâches que j'ai l'habitude de faire à la maison.....0
5. à cause de mon dos, je m'aide de la rampe pour monter les escaliers  
.....0
6. à cause de mon dos, je m'allonge plus souvent pour me reposer  
.....0
7. à cause de mon dos, je suis obligé(e) de prendre un appui pour sortir d'un fauteuil.....0
8. à cause de mon dos, j'essaie d'obtenir que d'autres fassent des choses à ma place.....0
9. à cause de mon dos, je m'habille plus lentement que d'habitude  
.....0
10. je ne reste debout que de courts moments à cause de mon dos  
.....0
11. à cause de mon dos, j'essaie de ne pas m'abaisser ni de m'agenouiller  
.....0
12. à cause de mon dos, j'ai du mal à me lever d'une chaise  
.....0
13. j'ai mal au dos la plupart du temps  
.....0



14. à cause de mon dos, j'ai des difficultés à me retourner dans mon lit  
.....0
15. j'ai moins d'appétit à cause de mon mal de dos  
.....0
16. à cause de mon dos, j'ai du mal à mettre mes chaussettes (ou  
bas/collants)  
.....0
17. je ne peux marcher que sur de courtes distances à cause de mon mal de  
dos  
.....0
18. je dors moins à cause de mon mal de dos  
.....0
19. à cause de mon dos, quelqu'un m'aide pour m'habiller  
.....0
20. à cause de mon dos, je reste assis(e) la plus grande partie de la journée  
.....0
21. à cause de mon dos, j'évite de faire de gros travaux à la maison  
.....0
22. à cause de mon mal de dos, je suis plus irritable que d'habitude et de  
mauvaise humeur avec les gens  
.....0
23. à cause de mon dos, je monte les escaliers plus lentement que  
d'habitude  
.....0
24. à cause de mon dos, je reste au lit la plupart du temps  
.....0.



CONCLUSION

Ainsi selon Mr.Muller, l'EMG ne semble pas prédire de l'échec d'un traitement ni de la qualité de la réponse quand elle est favorable (64), ce qui conforte les résultats de l'étude de Mr.Rodet et qui a conclu qu'un EMG normal n'infirmes pas le diagnostic de sciatique discale, et que les données de l'examen EMG préopératoire ne sont, à long terme, corrélés qu'à la persistance de sensations déficitaires, mais non aux résultats de la chirurgie tels qu'appréciés globalement par le patient, tant en terme de douleurs que de fonction (26).

Le présent travail montre que la normalité des explorations électrophysiologiques ne peut être considérée comme une contre indication à l'intervention chirurgicale pour hernie discale en l'état actuel des connaissances sur leur intérêt prédictif, et que des résultats durablement favorables peuvent être notés après un traitement chirurgical de telles radiculalgies.



# RESUME

Les radiculopathies lombo-sacrées d'origine discale représentent un motif de consultation très fréquent.

Toutefois, l'indication chirurgicale n'est pas toujours pertinente même dans un contexte d'échec initial du traitement médical.

Le souhait des médecins et des neurochirurgiens serait donc de pouvoir repérer au mieux les bonnes indications opératoires.

Du fait que les sciatiques discales sont autant sinon plus des pathologies du nerf que du disque, et que les examens neuroradiologiques manquent de spécificité dans ce cadre, les explorations électrophysiologiques ont suscité beaucoup de travaux pour évaluer leur intérêt pronostique dans la sciatique discale.

La comparaison des populations avec ou sans anomalies électrophysiologiques préopératoires n'a pas permis de retrouver une valeur pronostique à cet examen en terme de résultats cliniques, tels qu'appréciés par le patient, cependant la positivité de l'EMG ne peut que conforter le chirurgien dans sa décision d'opérer.

## SUMMARY :

The lumbosacral radiculopathies from discal origin represent a very frequent cause of consultation.

However, the surgical indication is not always relevant even in a context of initial unsuccess of medical treatment.

The wish of the doctors and the surgeons would be so to have the use of good operative indications.

Because the discal sciaticas are as well as or even more pathologies of the nerve than the disc, and the neuroradilologic examinations are not very specific in this context, the electrophysiological explorations suggested more studies in order to rate their prognostic role in the discal sciatica.

The comparison of the populations with or without preoperative electrophysiological abnormalities didn't permit to find a prognostic value with this examination about the clinical results as they were assessed by the patient, however the positivity of the EMG will comfort the surgeon in the decision to operate.

## ملخص

إن اعتلالات الجذور العصبية القطنية العجزية من أصل قرصي تمثل سببا جد متكرر للإستشارة الطبية.

مع ذلك فإن اللجوء للجراحة ليس دائما مناسباً حتى في حالة الفشل الأولي للعلاج الطبي.  
إن أمل لأطباء و الجراحين سيتمثل ادن في قدرتهم على كشف أحسن الإستطبابات الجراحية.

نظرا لان حالات النسي القرصي كثيرة او أكثر بين مرضيات العصب من القرص ؛ و أن الفحوصات الشعاعية العصبية تنقصها النوعية في هذا المجال ؛ فإن الإستقصاءات الفيزيولوجية الكهربائية تطلبت كثيرا من الدراسات لتقييم أهميتها الإندارية في حالة النسي القرصي.

إن مقارنة الشرائح السكانية بتشوهات أو بدون تشوهات فيزيولوجية كهربائية قبل العملية الجراحية لم تمكن من الحصول على قيمة اندارية لهذا الفحص بصدد النتائج السريرية ؛ كما نم تقييمها من طرف المريض ؛ مع ذلك فإن إيجابية تخطيط كهربائية العضل ستجعل الجراح أكثر اطمئنانا في أخذ قرار إجراء العملية الجراحية.



# BIBLIOGRAPHIE



- 1 : AMINOFF MJ, GOODIN DS, PARRY GJ, BARBARO NM, WEINSTEIN PR, ROSENBLUM ML : electrophysiological evaluation of lumbosacral radiculopathies : EMG, late responses, and somatosensory evoked potentials; Neurology, (1985), 35, pp: 1514-1518.
- 2 : AMIR R, LIU CN, KOCSIS JD, DEVOR M: Oscillatory mechanism in primary sensory neurones; Brain, (2002), 125:421-435.
- 3 : ANDE M: Recommandations et références médicales. Examen électromyographique ; Concours Med (1996) ; 118 :1745-1748.
- 4 : ANGELE ROPERT\*, PATRICK CORLOBE : Electrophysiologie des syndromes canaux. Rev Rhum (Ed.Fr), (2001) ; 68 :515-7.
- 5 : ANONYMOUS: Guidelines in electrodiagnostic medicine. American association of electrodiagnostic medicine; Muscle and Nerve, (1996), 22(suppl.8): S107-S108.
- 6 : ANTOINE JC : Anatomie et physiologie du nerf périphérique- Encycl.Med.Chir, Neurologie, 17-030-A-10, (1999) ,4p.
- 7 : ATLAS SJ, DEYO RA, KELLER RB ET AL: The main lumbar spine study, part II: 1-year outcomes of surgical and nonsurgical management of sciatica; Spine, (1996), 21: 1777-86.

- 8 : BANERJEE TK, MOSTOFI MS, US O, WEERASINGHE V, SEDGWICK EM: Magnetic stimulation in the determination of lumbosacral motor radiculopathy. Electroencephalogr.Clini.Neurophysiol, (1993), 89: 221-226.
- 9 : BARKER A.T, JALINOUS R, FREESTON I.L: non invasive magnetic stimulation of the human motor cortex. Lancet, (1985), I, 1106-1107.
- 10 : BENCE YR, COMMANDRE F, DUMOULIN J, BISSCHOP G : Etude du réflexe de Hoffmann dans les lombosciatiques d'origine discale ; Electrodiagn.Ther, (1978), 15(4), pp : 153-166.
- 11 : BISCHOFF C, MEYER BU, MACHETANZ J, CONRAD B: The value of magnetic stimulation in the diagnosis of radiculopathies; Muscle and Nerve, (1993), 16: 154-161.
- 12 : BOUCHE P : Electromyographie clinique- Encycl.Med.Chir, Neurologie, 17-030-A-10, (1998), 21p.
- 13 : BOUISSET S, MATON B : Muscles, posture et mouvement in : bases et applications de la méthode électromyographique, Hermann, paris, (1995).
- 14 : BOULU P : Electromyographie et potentiels évoqués dans les pathologies de l'appareil locomoteur ; Encycl.Med.Chir, Appareil locomoteur, 14-001-R-10, (1997) ,7p.

- 15 : BOULU P, BENOIST M: Recent data on the pathophysiology of nerve root compression and pain; Rev Rhum (Eng.Ed), (1996), 36:503-8.
- 16 : BOULU PH. DEHEN H : potentiels évoqués moteurs ; Presse médicale, (1993), 22, n°3, pp:125-129.
- 17 : BRADDOM R, JOHNSON EW: Standardization of H reflex and diagnostic use in S1 radiculopathy; Arch. Phys. Med. And Rehabilitation, (1974), 55, pp: 161-166.
- 18 : BRYAN E. TSAO, MD, KERRY H. LEVIN, MD, AND RUSS A. BODNER, MD: Comparison of surgical and electrodiagnosis findings in single root lumbosacral radiculopathies; Muscle and Nerve, 27: 60-64, January (2003).
- 19 : CHANG CW, LIEN IN: Spinal nerve stimulation in the diagnosis of lumbosacral radiculopathies; Am.J.Phys.Med.Rheabilitation, (1990), pp: 318-322.
- 20 : COSTE J, LE PARC JM, BERGE E, PAOLAGGI JB: Validation française d'une échelle d'incapacité fonctionnelle pour l'évaluation des lombalgies; Rev.Rhum (Ed.Fr), (1993), 60(5): 335-41.
- 21 : CZYRNY JJ, LAWRENCE J: Importance of paraspinal muscle EMG in cervical and lumbosacral radiculopathy: review of 100 cases; Electromyogr.Clin.Neurophysiol, (1996), 36, pp: 503-508.

- 22 : DEBATISSE D, DESFONTAINE P, SELAK I, MAASEN D, RAKET D, HOTE R MANS JM, GUERIT JM: diagnosis and prognosis contribution of PES in LS radiculopathies, 120 cases; Rev. Neurologique Paris, (1994), 150, 3, pp:222-228.
- 23 : DEHEN H : fonctions somesthésiques; - éditions techniques- Encycl. Med. Chir5 (Paris-France) ; Neurologie, 17-002-C-50, (1995), 6p.
- 24 : DESCUNS P, COLLET M, RESCHE F, LAJAT Y, GUIHENEUC P, GINET J : intérêt du réflexe de Hoffmann dans l'exploration des lésions radiculaires d'origine discale ; Neurochirurgie, (1973), 19(7), pp: 627-640.
- 25 : DEVOR M, SELTZER Z: Pathophysiology of damaged nerves in relation to the chronic pain. In: textbook of pain, 4<sup>th</sup> edition, PD WALL and R MELZACK (Eds), Churchill Livingstone, (1999), pp: 129-164.
- 26 : D RODET, JM BERTHELOT, Y MAUGARS, A PROST: Valeur prédictive de l'électromyogramme peropératoire sur le devenir des radiculalgies lombosacrées d'origine discale; La Presse Médicale, 27 Novembre (1999), 28, n°37, pp: 2031-2033.
- 27 : DVORAK J: Neurophysiologic tests in diagnosis of nerve root compression caused by disc herniation; Spine, 21 (24s), (1996), pp: 39-44.

- 28 : EISEN A, HORCHM M, -the electrodiagnostic evaluation of spinal roots lesions- Spine, (1983), 8, 1, 98-106.
- 29 : EISEN A: Electrodiagnosis of radiculopathies; Neurol.Clinics, 3(3), (1985), pp: 495-510.
- 30 : ERTKIN C, SIRIN H & AL: Diagnosis value of electric stimulation of lumbosacral roots in radiculopathies; Acta.Neurol.Scand, (1994), 90, pp: 26-33.
- 31 : EVANS BA, DAUBE JR, LITCHY WJ: A comparison of magnetic and electric stimulation of spinal nerves; Muscle and Nerve, (1990), 13, pp: 414-420.
- 32 : FALCK B, NYKVIST F, HURME M, ALARANTA H: Prognostic value of EMG in patients with lumbar disc herniation. A five year follow-up; Electromyogr.Clin.Neurophysiol, (1993), 33: 19-26.
- 33 : FISCHER MA, SCHIVDE AJ, TEIXERA C, GRAINIER LS: Clinical and electrophysiological appraisal of the significance of radicular injury in back pain; J of Neurol.Neurosurg.And psychiatry, (1978), 41, pp: 303-306.
- 34 : FISCHER MA, SCHIVDE AJ, TEIXERA C, GRAINIER LS: The F response, a clinically useful physiological parameter for the evaluation of radicular injury; Electromyogr.Clin.Neurophysiol, (1979), 19, pp: 65-75.

- 35 : FOURNIER E : Exploration de l'atteinte isolée d'une racine. Examen électromyographique et étude de la conduction nerveuse ; collection explorations fonctionnelles humaines, Editions médicales internationales, (1998), pp : 475-484.
- 36 : GOUPILLE. PHILIPPE : lombosciatique, la théorie mécanique remise en cause. Revue du praticien, tome 12, n°432. 5 octobre (1998).
- 37 : GUIHENEUC P, LABAT JJ, PEREON Y : Douleurs et lésions radiculaires lombosacrées : méthode d'exploration neurophysiologique ; Doul.Analg, (1995), 4 : 135-41.
- 38 : GUIHENEUC P, GINET J : Etude du réflexe de Hoffmann obtenu au niveau du muscle quadriceps de sujets humains normaux ; Electroence. Clin. Neurophys, (1974), 36, pp : 225-231.
- 39 : HAIG A: Clinical experience with paraspinal mapping .I. Neurophysiology of the paraspinal muscles in various spinal disorders. Archives.Phys.Med.Rhéabil (1997), 78, 1177-84.
- 40 : HAIG A: Clinical experience with paraspinal mapping. I. Simplified technique that eliminates three-fourth of needle insertions. Arch.Phys.Med.Réhabi (1997), 78, 1185-9.
- 41 : HAIG AJ, MOFFROID M, HENRY S, HAUGH L, POPE M : A technique for needle localizations in paraspinal muscles with cadaveric confirmation, Muscle and Nerve, (1991),14, pp: 521-526.

- 42 : HAIG A, TALLEY C, GRABLER L, LE BRECK D: Paraspinal Mapping: quantified needle electromyography in lumbar radiculopathy. Muscle and Nerve: (1993), 16: 477-84.
- 43 : HOFFMANN P : Untersuchung über die Eigenreflexe( schnenreflexe) menslicher Muskeln, (1922), Springer Ed, Berlin.
- 44 : HURSH JB: conduction velocity and diameter of nerve fibers. AM. J. Physiol (1939), 127, 131-139.
- 45 : JENSEN MC, BRANT- ZAWADZKI MN, OBU CHOWSK N, MODIC MT, MALKASIAN D, ROSS JS: Magnetic resonance imaging of the lumbar spine in people without back pain, (1994), N Engl J Med, 331: 69-73.
- 46 : J-F. HURTEVENT : Actualités sixièmes journées des maladies du système nerveux périphérique : place de l'électromyographie dans l'exploration des radiculopathies ; Rev Neurol (paris) (2002) ; 158 : 12, 1232-1235.
- 47 : JHONSON EW, MELVIN JL: Value of electromyography in lumbar radiculopathy; Arch.Phys.Med.Rheabilitation, (1971), June, pp: 239-243.
- 48 : JUNGE A, DVORAK J, AHRENS S: Predictors of bad and good outcomes of lumbar dick surgery: a prospective clinical study with recommendations for screening to ovoid bad outcomes; Spine, (1995), 20: 460-8.

- 49 : KIMURA J: Electromyography. In: kimura j ed. Electrodiagnosis in diseases of nerve and muscle: Principes and practise. Philadelphia. FA Davis, (1989): 235-288.
- 50 : KIMURA J, in electrodiagnostic in diseases of nerve and muscle”, 1 Vol, Philadelphia-F.A Davis, (1983), pp: 353-377.
- 51 : KNUTTSSON B: Comparative value of EMG, myelography, and clinical examination in diagnosis of lumbar root compression syndrome; Acta.Orthop.Scand, (1961), Suppl.n°49.
- 52 : KURUOGLU R, SHIN JO, THOMPSON B: Clinical and electromyographic correlations of lumbosacral radiculopathies; Muscle and Nerve, (1994), Feb, pp: 250-251.
- 53 : LAHLAIDI A : anatomie topographique –l’abdomen-, vol 2, p: 28-31. Editions Ibn Sina, (1986).
- 54 : LINDEN D, BERLIT P: Comparison of late responses, EMG studies, and motor evoked potentials in acute lumbosacral radiculopathies; Muscle and Nerve, (1995), 18, pp: 1205-1207.
- 55 : MACHIDA M, ASAI T, SATO K, TORIYAMA S, YAMADA T: New approach for diagnosis in herniated lumbar and sacral disks: dermatomale sensory evoked potentials; Spine, (1986), 11(4), pp: 380-384.
- 56 : MAGLADERY JW, PORTER WE, PARK AM, TEASDALL RD: The two neurone reflex and identification of certain action potentials from spinal roots and cord-bull. John Hopskins Hosp, (1951), 88, 6, 499-519.



- 57 : MARCO TOMASELLA\*, JEAN-MICHEL C RIELAARD,  
FRANCOIS-CHARLES WANG : Etude électromyographique  
paravertébrale dorsolombaire .Analyse en mode multi-MUP et  
établissement de normes au sein d'une population de référence ;  
Neurophysiol Clin (2002) ; 32 : 109-17.
- 58 : MARC SINDOU, MD, D SC : Plaidoyer pour une neurophysiologie  
interventionnelle ; Neurophysiol.Clin, (2001) ; 31 :215-7.
- 59 : M DENIS RODET : Evaluation de l'intérêt diagnostique et  
pronostique de l'électromyographie préopératoire dans la chirurgie  
discale pour radiculalgie lombosacrée : enquête rétrospective sur 30  
patients ; Thèse de médecine, (1998), (Nantes), N°221.
- 60 : MEUNIER SYLVAIN : Apport de l'électromyographie de  
stimulodétection dans le bilan et la surveillance des lombosciatalgies  
chroniques ; Thèse de médecine, (1988), (Dijon), N°88DIJOM052.
- 61 : MERTON PA, MORTON HB: stimulation of the cerebral cortex in  
the intact human subject; Nature, (1980), 285, 227.
- 62 : METRALS, ROPERT A: Electromyographie- Encycl.Med.Chir,  
Appareil locomoteur, 14001 R10, 5-(1986) ,10p.
- 63 : METRAL S, ROPERT A : vitesse de conduction ; Lyon Med, (1984),  
252, 17, 203-209.

- 64 : MULLER S, HURTEVENT JF, BLANCKAERT F, ANAKER R, DUQUESNOY B, DELCAMBRE B : Intérêt de l'EMG dans la prise en charge d'une souffrance radiculaire du membre inférieur par hernie discale : XIIème congrès Français de Rhumatologie : Revue du Rhumatisme (Ed.Fr), Novembre, (1999), C.99, p : 690.
- 65 : N ATTAL, D BOUHASSIRA: Revue générale. Les douleurs neuropathiques : des avancées expérimentales aux applications cliniques ; Rev. Neurol (Paris), (2004), 160 : 2,199-203.
- 66 : OH SJ: Radiculopathy in: principles of clinical electromyography cases studies; Williams and Wilkins (1998), pp: 215-221.
- 67 : PAILLARD J: réflexe et régulation d'origine proprioceptive chez l'homme –Thèse sciences, Paris, (1955).
- 68 : PAITAL AS: conduction properties of normal peripheral mammalian axons. In WAXMAN SG: physiology and pathobiology of axons; Raven Press (1978), pp: 131-144.
- 69 : P. H. LALIVE, A. TRUFFERT, M.R.MAGISTRIS\* : Radiculopathies lombosacrées (L3-S1) et spécificité de l'EMG du muscle multifidus, Neurophysiologie Clinique / Clinical Neurophysiology (2004), 34, p : 41-47.
- 70 : P VAN DEN BERGH: Actualités cinquième journées des maladies du système nerveux périphérique: exploration neurophysiologique des plexus brachial et lombosacré ; Rev.Neurol (Paris), (2001), 157 : 12,1570-1573.

- 71 : P WALSH, DG, RAO, NM KANE (FRENCHAY HOSPITAL, BRISTOL): Electro-clinical correlations in chronic non discogenic sciatica syndrome: a prospective EMG and dermatome SEP study; The British society for clinical Neurophysiology/Clinical Neurophysiology, 112, (2001), 950-952.
- 72 : R A BODNER, KH LEVIN AND AJ WILBOURN (CLEVELAND CLINIC FOUNDATION, CLEVELAND, OH): Lumbosacral radiculopathy: comparison of surgical and EMG localization; Society proceedings/ Electroencephalography and clinical Neurophysiology, 98 (1996), 8P-40P.
- 73 : RENIER J.C, BREGEON CH : autres manifestations douloureuses en rapport direct ou indirect avec la détérioration discale lombaire. EMC 15-840-F-10, 3, (1984).
- 74 : REVEL M : sciatiques et autres lomboradiculalgies discales, - Editions techniques- Encycl. Med. Chir. (Paris-France). Appareil locomoteur.15-840-D-10, (1994), 8p.
- 75 : RIVNER MH, SWIFT TR, CROUT BO, RHODES KP: Toward more rational nerve conduction interpretations: the effect of height. Muscle and Nerve. (1990); 13: 232-239.
- 76 : ROGART RB, STAMPFLI R: voltage clamp studies of mammalian myelinated nerve, In CULP NJ, and OCHOA J, ed, Oxford University Press-(1982).pp:193-210.

- 77 : RYCKEWERT ANTOINE : détérioration structurale des disques intervertébraux. Rhumatologie. Pathologie osseuse et articulaire, 5<sup>ème</sup> tirage, (1994).
- 78 : SACHS GM, LOGIGIAN EL: proximally evoked soleus H reflex in the evaluation of axonal neuropathy. J Neurol Sci, (1996); 138: 88-92.
- 79 : SANDRNE REY : Reconditionnement musculaire et lombalgies chroniques invalidantes, intérêt de l'évaluation de la fatigue musculaire par l'électromyographie de surface ; Thèse de médecine, (1998), (Dijon), N°81.
- 80 : SCARFF TB, DALLMAN DE, TOLEIKIS JR: Dermatomal sensory evoked potentials in the diagnosis of lumbar root entrapment; Surg. Forum, (1981), 32, pp: 489-491.
- 81 : SCHAUMBURG HH, SPENCER PS, THOMAS PK: Disorders of peripheral nerves, F.A.Davis Co. (1983), 1-23.
- 82 : S PODNAR: Critical reappraisal of referrals to electromyography and nerve conduction studies\*; European journal of neurology; (2005), 12: 150-155.
- 83 : STOFFEL VINCENT : radiculalgies crurales et sciatiques discales, bientôt au tableau des maladies professionnelles. Revue du praticien, tome12, n° 437 du 9 novembre (1998).

- 84 : SUNDERLAND S: The peripheral nerve trunk in relation in injury. A classification of nerve injury, in nerves and nerve injury, Churchill Livingstone (1978), 133-141.
- 85 : TERADA K, LARSON B, OWEN J, SUGIOKA Y: The effect of nerve root lesioning on various somatosensory evoked potentials in the hog; Spine, (1993), 18(8), pp: 1090-1095.
- 86 : THOMAS E, BLOTMAN F, SEGNARBIEUX F : sciatique et hernie discale .Editions Espaces 34, (1997).
- 87 : TOKOYURA M, MURRAKAMI K: F wave study in patients with lumbosacral radiculopathies; Electromyogr.Clin.Neurophysiology, (1997), 37, pp: 19-26.
- 88 : TONZOLA RF, ACKILL AA, SCHAHANI BT, YOUNG RR: Usefulness of electrophysiological studies in the diagnostic of lumbosacral roots diseases; Annal of neurology, (1981), 9, 305-308.
- 89 : TRAS RJJ, VREDEVELD JW: Somatosensory evoked potentials (cutaneous nerve stimulation) and EMG in lumbosacral radiculopathies; Clin.Neurol.Neurosurgery, (1992), 94, pp: 15-17.
- 90 : TSE MIN TSAI, CHING LIN TSAI, THY SHENG LIN, CHOU CHING K.LIN, and I MING JOU: Value of dermatomale somatosensory evoked potentials in detecting acute nerve injury: An experimental study with special emphasis on stimulus intensity; Spine, volume30, number18, (2005), Lippincott and Wilkins, Inc, E540-E546.

- 91 : TULLBERG T, SVANBORG E, ISACSSON J, PERGRANE P: A preoperative and postoperative study of the accuracy and value of electrodiagnosis in patients with lumbosacral radiculopathies; Spine, (1993), 18, n°7, pp: 837-842.
- 92 : V DI LAZZARO, MD; F PILATO; MD; A OLIVIERO; MD; E SATURNO; MD; M DILEONE;MD; AND PA TONALI: (CME) Role of motor evoked potentials in diagnosis of cauda equine and lumbosacral cord lesion; Neurology, 63, December(2of 2), (2004), pp: 2266-2271.
- 93 : WAXMAN SG: Determinants of conduction velocity in myélinated nerve fibers, Muscle and Nerve, (1980), 3,141-150.
- 94 : WILBOURN AJ, AMINOFF.MJ: AAEE minimonograph n° 32: The electrodiagnostic examination in patients with radiculopathies; Muscle and Nerve (1998), volume 21, issue 12, pages: 1612-31.
- 95 : WILBOURN AJ, AMINOFF MJ: Electrophysiological evaluation in patients with radiculopathies; Muscle and Nerve, (1988), 11, pp: 1099-1114.
- 96 : [WWW.medecines-douces.com/.../hs17/maldos.htm](http://WWW.medecines-douces.com/.../hs17/maldos.htm).
- 97 : [WWW.selection.ca/feature.htm?fn=0426658&fi=dos](http://WWW.selection.ca/feature.htm?fn=0426658&fi=dos).
- 98 : [WWW.97320.com/index.php?action=article&id](http://WWW.97320.com/index.php?action=article&id) art...

99 : [WWW.esculape.com/rhumato/lombaire anatomie.html](http://WWW.esculape.com/rhumato/lombaire_anatomie.html).

100 : [WWW.inrialeps.fr/sed/people/boissieux/NEURO-RV/](http://WWW.inrialeps.fr/sed/people/boissieux/NEURO-RV/).

101 : [WWW.pitt.edu/~zmli/handlab/research.htm](http://WWW.pitt.edu/~zmli/handlab/research.htm).

102 : [WWW.healthsystem.virginia.edu/.../Research.cfm](http://WWW.healthsystem.virginia.edu/.../Research.cfm).

103 : [WWW.medschool.northwestern.edu/depts/reproc/se...](http://WWW.medschool.northwestern.edu/depts/reproc/se...)

104 : [WWW.radlabor.de/Elektromyographie.htm](http://WWW.radlabor.de/Elektromyographie.htm)

105 : [WWW.med.univ-rennes1.fr/section\\_rachis/eifel1.htm](http://WWW.med.univ-rennes1.fr/section_rachis/eifel1.htm)

Indice EIFEL 1(version française du Distability Questionnaire de

Roland et Morris).date de rédaction: 1999, date de mise en ligne : 2001.