

# Technique ENMG

F. Wang



Master 2  
Médecine



# Objectifs pédagogiques

- préciser le champ d'exploration de l'ENMG et ses **indications**
- expliquer les **paramètres** d'analyse de l'**ENMG (vidéos)**: conduction sensitive, LDM, VCM, F, H, EMG de repos, EMG et contraction musculaire volontaire
- citer les **mécanismes physiopathologiques** : axonopathie (dégénérescence Wallérienne, « dying back »), myélinopathie, nodopathie
- différences entre **neurogène** (aigu, chronique) et **myogène**

# Technique ENMG

Les outils électrophysiologiques

Buts de l'exploration électrophysiologique

ENMG : matériel

Physiopathologie des atteintes du SNP

Conduction sensitive

Conduction motrice

Réponses tardives H et F

EMG

Contre-indications

# Technique ENMG

Les outils électrophysiologiques

Buts de l'exploration électrophysiologique

ENMG : matériel

Physiopathologie des atteintes du SNP

Conduction sensitive

Conduction motrice

Réponses tardives H et F

EMG

Contre-indications

# Les outils électrophysiologiques

- ⊙ **PE** (PEV, PEA, PES, PEM) : explorent principalement la conduction nerveuse **centrale**
- ⊙ **ENMG** : exploration fonctionnelle du système nerveux **périphérique** (**grosses fibres**)
  - Neurographie sensitive
  - Neurographie motrice
  - Réflexologie
  - Electromyographie (EMG)
- ⊙ **PEL, RCS, RR** : étude des **petites fibres** (douleur, chaud, froid)

# Technique ENMG

Les outils électrophysiologiques

Buts de l'exploration électrophysiologique

ENMG : matériel

Physiopathologie des atteintes du SNP

Conduction sensitive

Conduction motrice

Réponses tardives H et F

EMG

Contre-indications

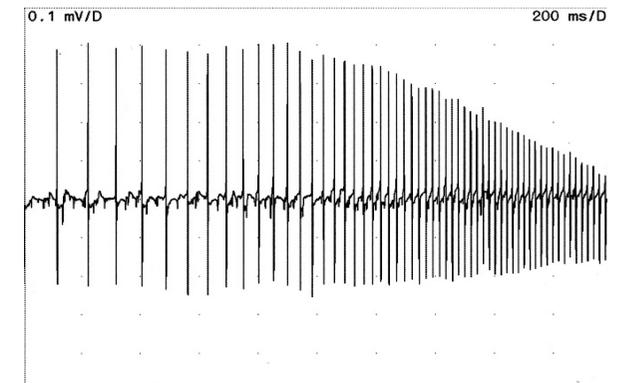
# Les buts de l'ENMG

- ⊙ Confirmer ou infirmer une hypothèse clinique d'atteinte du SNP
- ⊙ Préciser le site lésionnel
  - proximal : corps neuronaux moteurs et/ou sensitifs  
une ou plusieurs racines nerveuses, plexus
  - distal focal : mononeuropathie tronculaire
  - distal diffus : polyneuropathie, mononeuropathie multiple
  - proximo-distal : polyradiculonévrite
- ⊙ Etablir la sévérité et l'évolutivité de l'atteinte nerveuse
- ⊙ Permettre le suivi objectif de la pathologie
- ⊙ Quantifier les répercussions fonctionnelles d'une pathologie connue ou révélée par l'ENMG et évaluer le pronostic

# Les buts de l'ENMG

⊙ Montrer ce qu'aucun autre examen (non invasif) ne peut montrer

- ralentissement ou un **bloc** de la conduction nerveuse
  - ex. **syndrome canalaire** (myélinopathie **focale**)
  - ex. **PRNC** (myélinopathie **inhomogène**)
  - ex. **CMT** (myélinopathie **homogène**)
  - ex. **DATS** (myélinopathie **LD**)
- un **bloc** de la conduction neuromusculaire
  - ex. **myasthénie, Lambert Eaton**
- un **bloc** de la conduction musculaire
  - ex. **paralysie périodique**
- une anomalie **INFRACLINIQUE**
  - ex. **décharges myotoniques**



# Les buts de l'ENMG

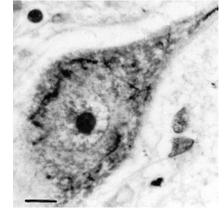
⊙ Montrer ce qu'aucun autre examen (non invasif) ne peut montrer

- une anomalie **INFRACLINIQUE**

ex. perte axonale sensitive

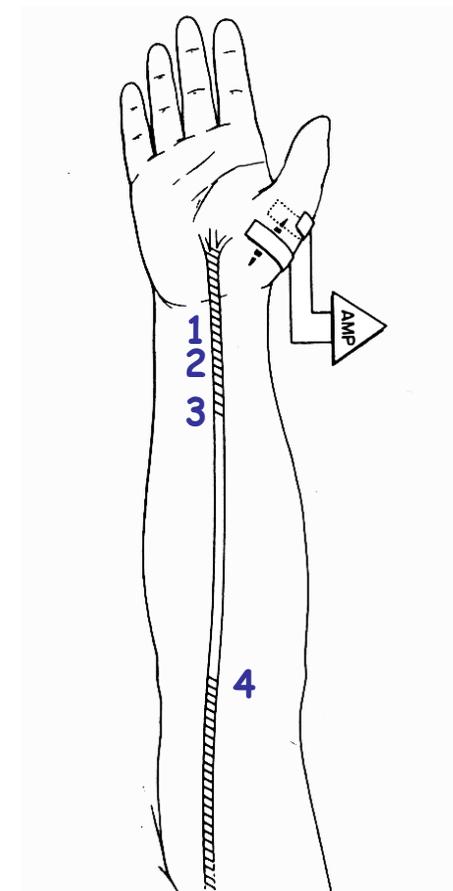
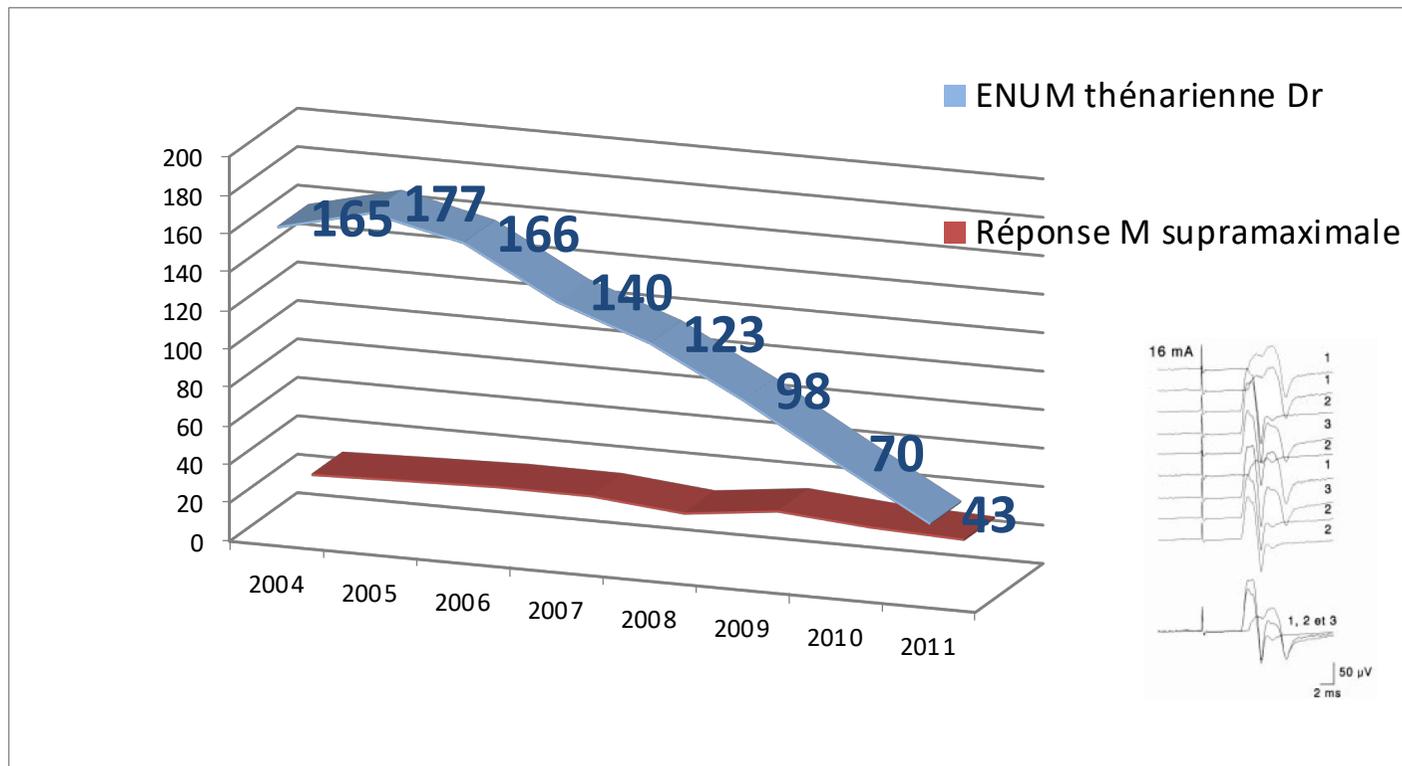
	Plaintes	Sémiologie clinique	ENMG
<b>Aigu</b> (1 mois max)	+++	++	+
<b>Subaigu</b> (1 à 3 mois)	++	++	++
<b>Chronique</b> (plus de 3 mois)	+	++	+++

# Les buts de l'ENMG



⊙ Montrer ce qu'aucun autre examen (non invasif) ne peut montrer

- une perte en motoneurone



# Les buts de l'ENMG

## ○ Répondre à des questions spécifiques

- Myopathie cortisonique ou poussée de myosite ?
- Y a-t-il une origine nerveuse périphérique aux difficultés de sevrage du respirateur ?
- Paralyse vraie ou conversion hystérique ? (PEM)
- Amyotrophie neurogène, myogène ou de non-usage ?
- Pronostic d'une paralysie faciale ?
- Séquelle de radiothérapie ou récurrence tumorale ?
- La majoration des plaintes sensibles = récupération ou aggravation ?
- Bloc de conduction ou pseudo-bloc ?
- Indication opératoire ? SCC, traumatisme avec neurotmesis (balle, arme blanche, iatrogène), aggravation sensible lors d'un ENMG de contrôle
- Séquelle radiculaire ou récurrence ?
- Imputabilité d'un traumatisme ?

# Technique ENMG

Les outils électrophysiologiques

Buts de l'exploration électrophysiologique

**ENMG : matériel**

Physiopathologie des atteintes du SNP

Conduction sensitive

Conduction motrice

Réponses tardives H et F

EMG

Contre-indications

# Electroneuromyographe

- ① Stimulation
- ① Détection
- ① Préampli – ampli
- ① Hauts-parleurs
- ① Moniteur



# Electroneuromyographe

## ⊙ Stimulation

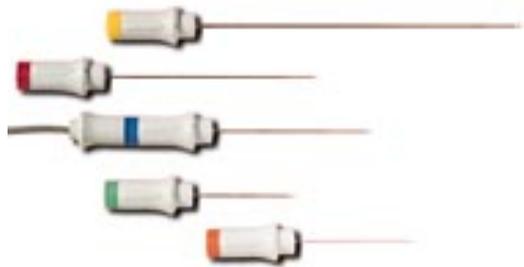
- paire d'électrodes de surface appliquées sur un nerf
- onde rectangulaire de courant continu
  - durée : 0,05 à 1 ms
  - intensité : 0 à 100 mA
  - fréquence : 0,1 à 50 Hz



# Electroneuromyographe

## ⊙ Détection

- paire d'électrodes de **surface**
  - sur le nerf : **neurographie sensitive**
  - sur le muscle : **neurographie motrice**  
**réflexologie**  
EMG de surface
- **aiguille** bipolaire
  - à proximité du nerf
  - dans le muscle : neurographie motrice  
**EMG**



# Technique ENMG

Les outils électrophysiologiques

Buts de l'exploration électrophysiologique

ENMG : matériel

Physiopathologie des atteintes du SNP

Conduction sensitive

Conduction motrice

Réponses tardives H et F

EMG

Contre-indications

# Physiopathologie des atteintes du SNP

- Axonopathies

- dégénérescence Wallérienne : lésion tronculaire traumatique
- dégénérescence par *dying-back* : PNP dysmétabolique
- atteinte vasculaire (ischémique) : vascularite
- dépôts dans l'endonèvre : amylose
- infiltration par des cellules tumorales : lymphome
- infection : HIV

- Myélinopathies

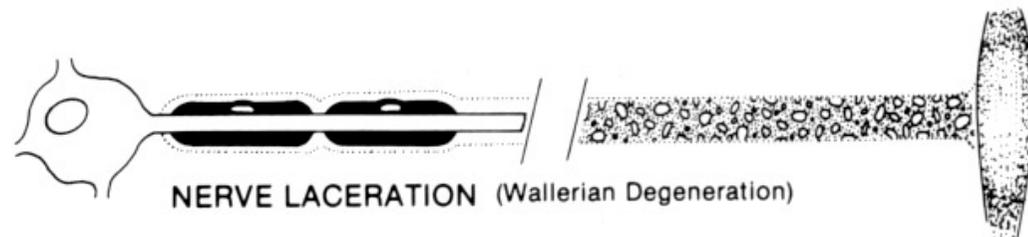
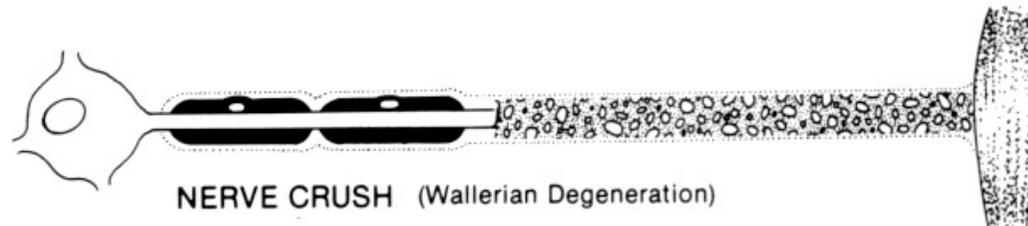
- démyélinisation : CMT 1a
- bloc de conduction : neuropathies dysimmunes

- Nodo-paranodopathies

- certaines formes de SGB

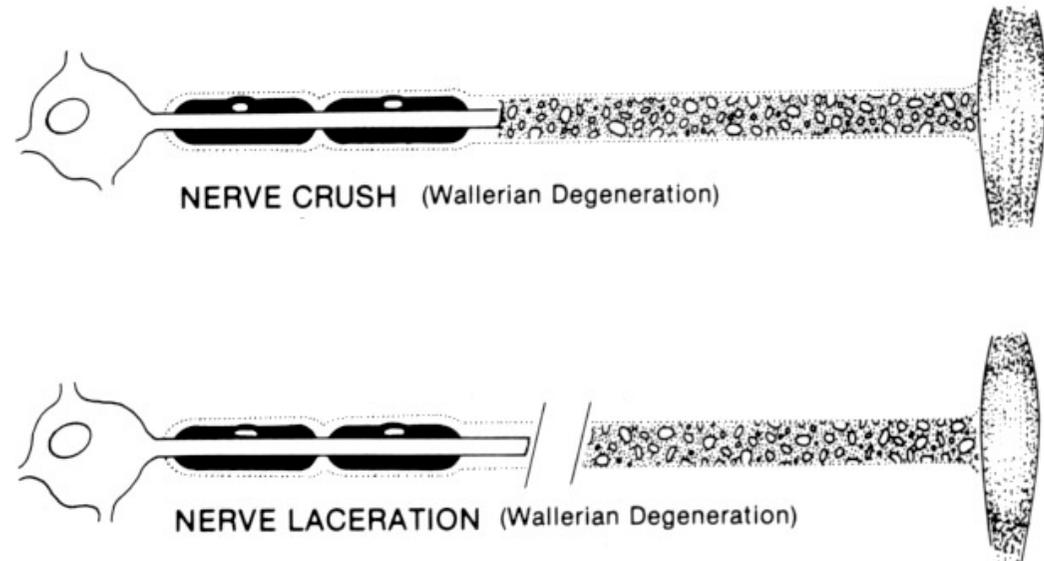
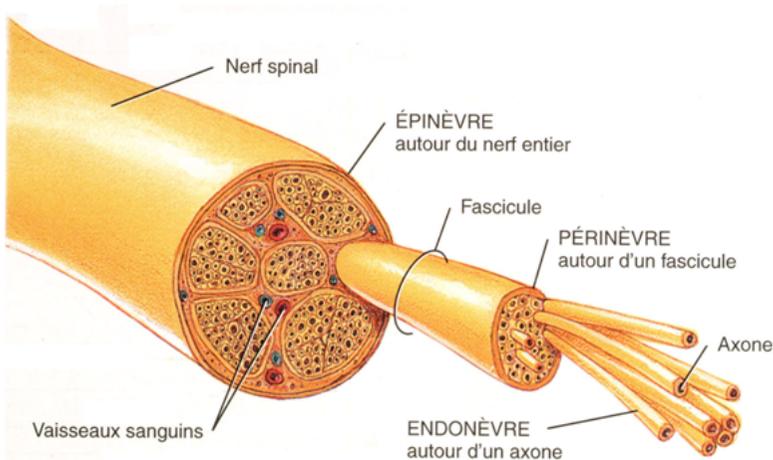
# 1. Axonopathie

- Dégénérescence **Wallérienne**:
  - l'axone est la cible primaire (démýélinisation secondaire)
  - atteinte du **corps neuronal** (motoneurone alpha dans la SLA : ) ou de l'**axone** périphérique
  - lésions traumatiques, compression ou ischémie nerveuse



# 1. Axonopathie

- Dégénérescence **Wallérienne**:
  - **Axonotmèse** : interruption des axones  
épinèvre intact  
régénérescence axonale possible
  - **Neurotmèse** : section nerveuse complète  
régénérescence axonale souvent impossible

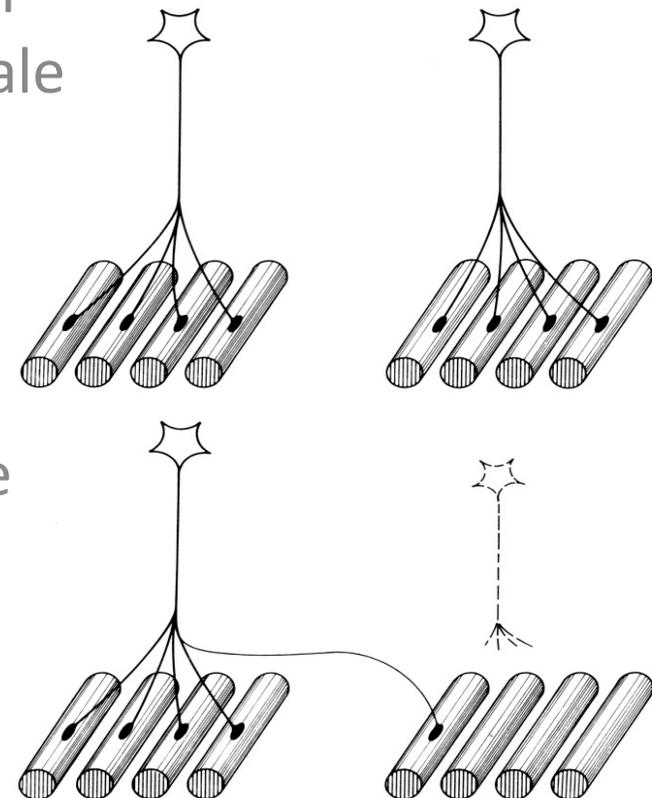


# 1. Axonopathie

- Dégénérescence **Wallérienne**:
  - **Axone J1-J2** : fuite du liquide intra-axonal  
gonflement et disparition des neurofilaments  
au niveau de l'extrémité distale
    - J3** : fragmentation de l'axone et de la myéline  
avec début de digestion de celle-ci
    - J8** : axone moteur digéré (**J10** pour l'axone  
sensitif)
  - **Corps neuronal J1-J2** : corps de Nissl (r.e.) se fragmentent en  
fines particules
    - S2-S3** : noyau et nucléole excentrés

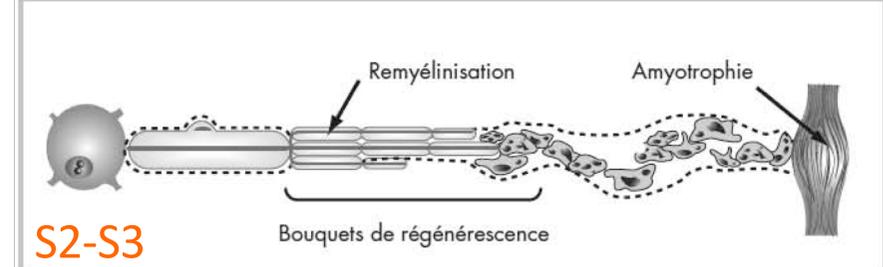
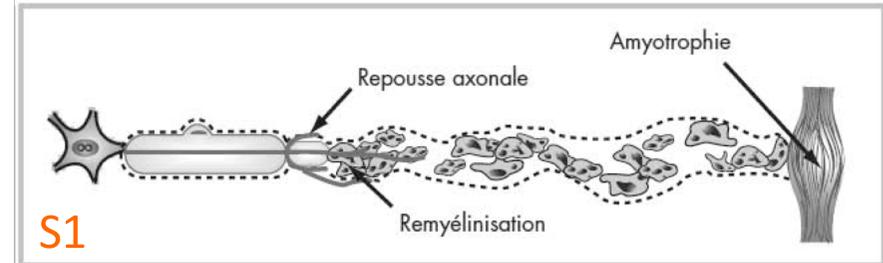
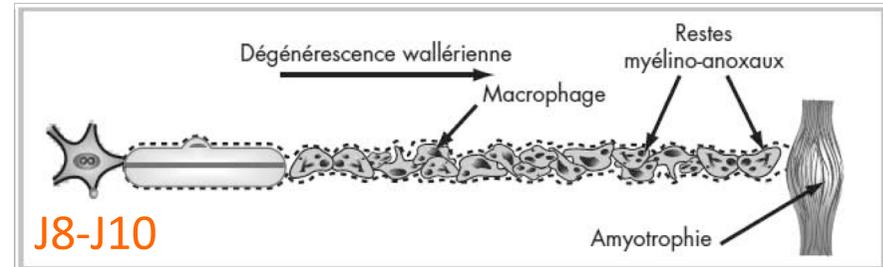
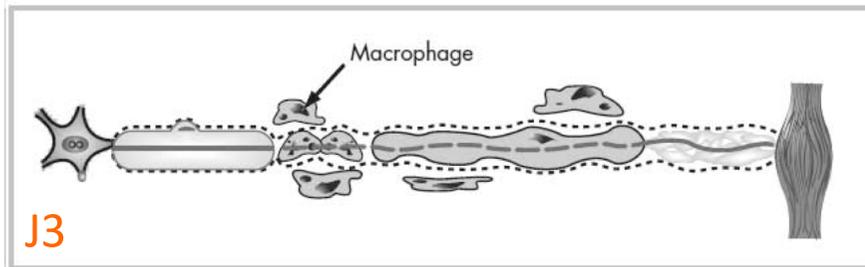
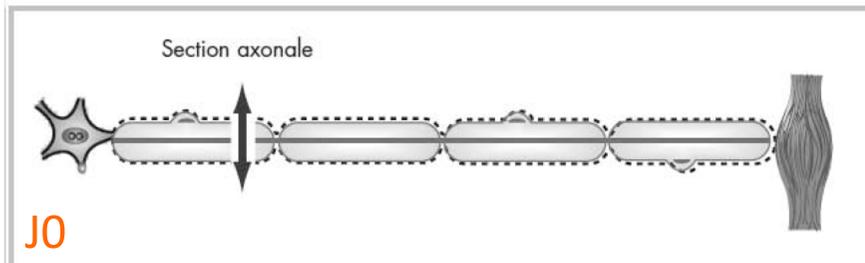
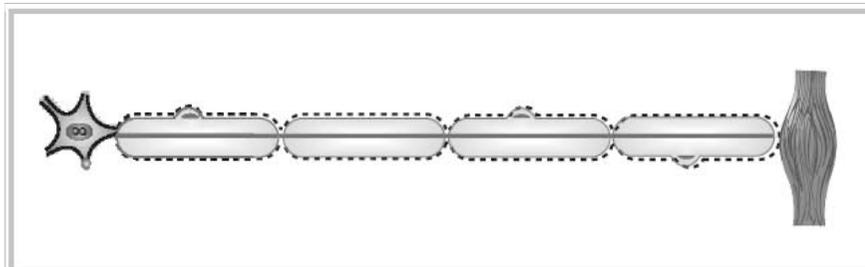
# 1. Axonopathie

- **Récupération** de la dégénérescence Wallérienne:
    - **réinnervation collatérale** : dans les lésions **partielles**
    - **réinnervation terminale** : dans les lésions **complètes**
- prolifération des cellules de Schwann qui se placent le long de la lame basale d'origine
- > **S1** : excroissances axonales
- repousse axonale : **1 à 5 mm/J**
- remyélinisation avec des **segments internodaux plus courts** qu'à l'origine



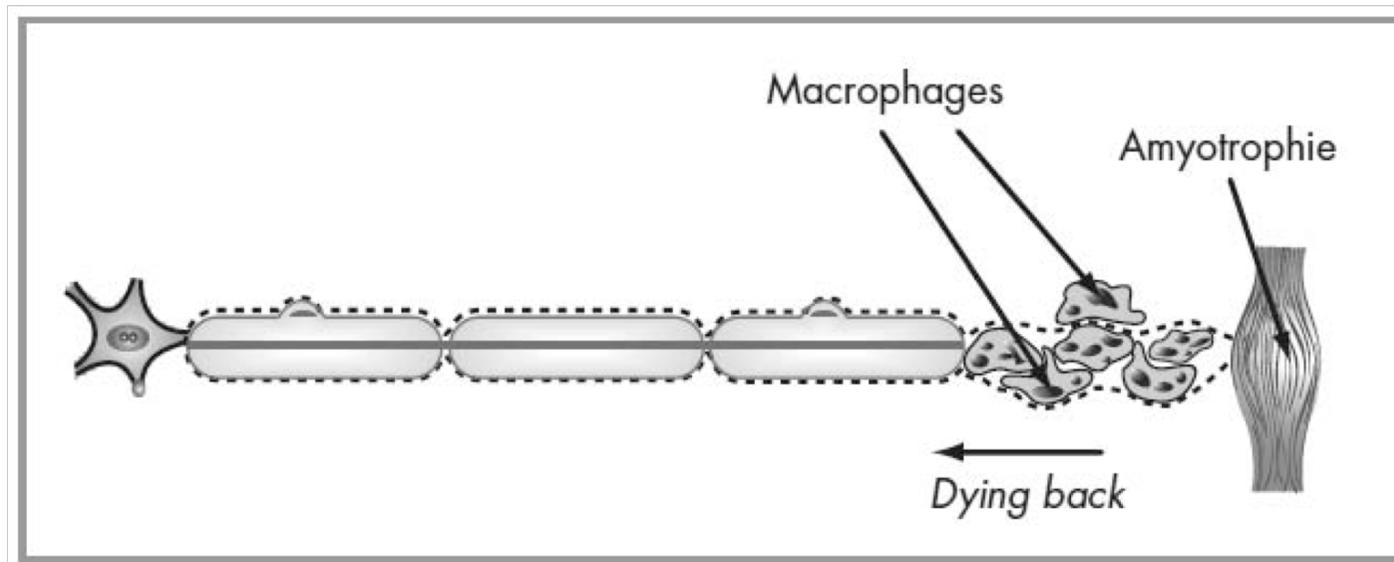
# 1. Axonopathie

- Dégénérescence **Wallérienne**:



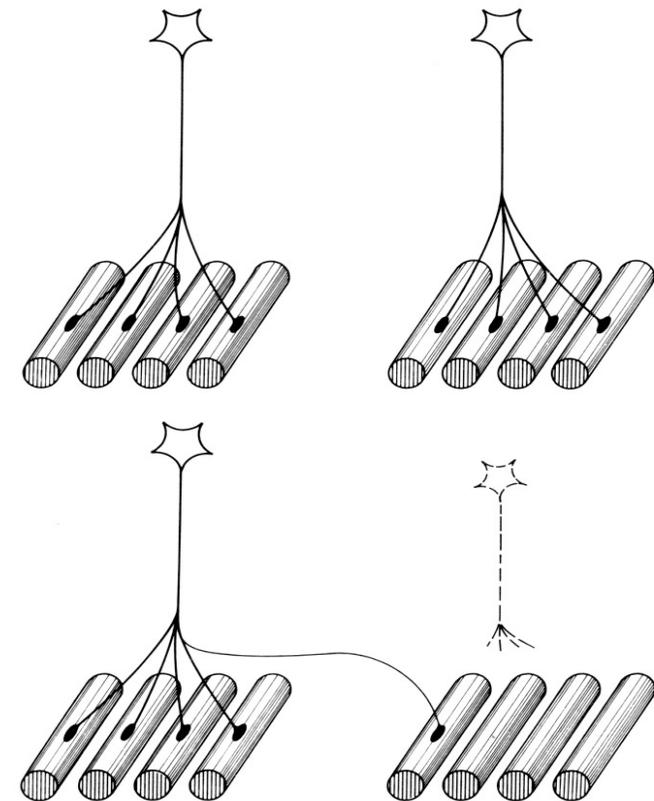
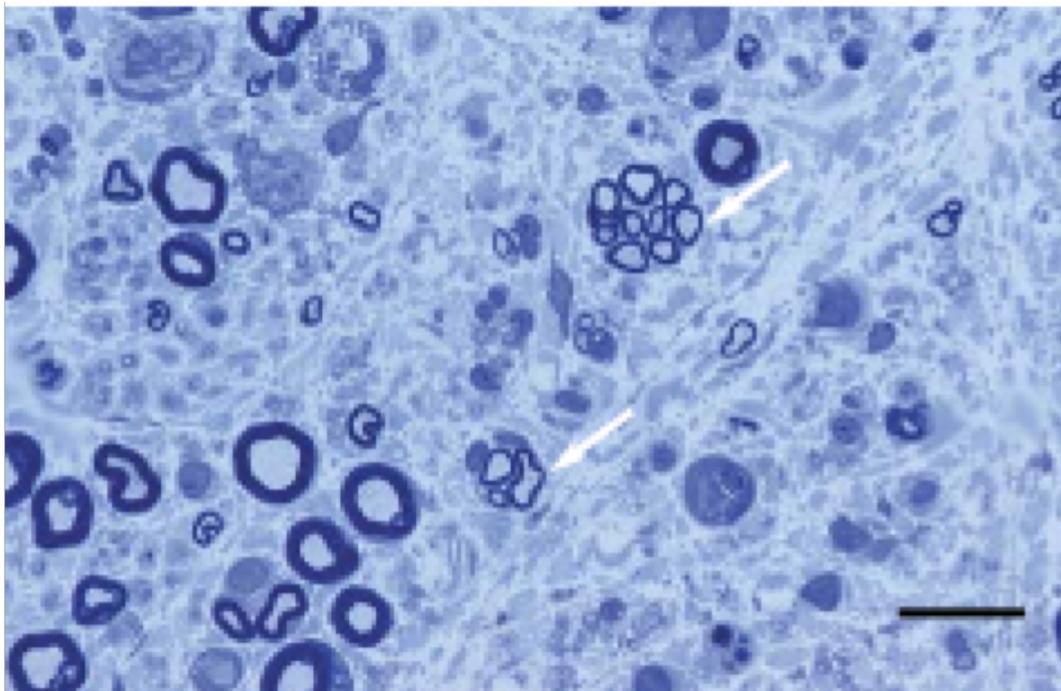
# 1. Axonopathie

- Dégénérescence par « *dying-back* » (axonopathie distale):
  - dégénérescence terminale des axones les plus longs (neuropathies longueur-dépendante)
  - déficit des apports métaboliques aux corps neuronaux
  - => déficit du transport axonal antérograde (protéines) et rétrograde (élimination des déchets)
  - neuropathies toxiques, diabète, déficits vitaminiques



# 1. Axonopathie

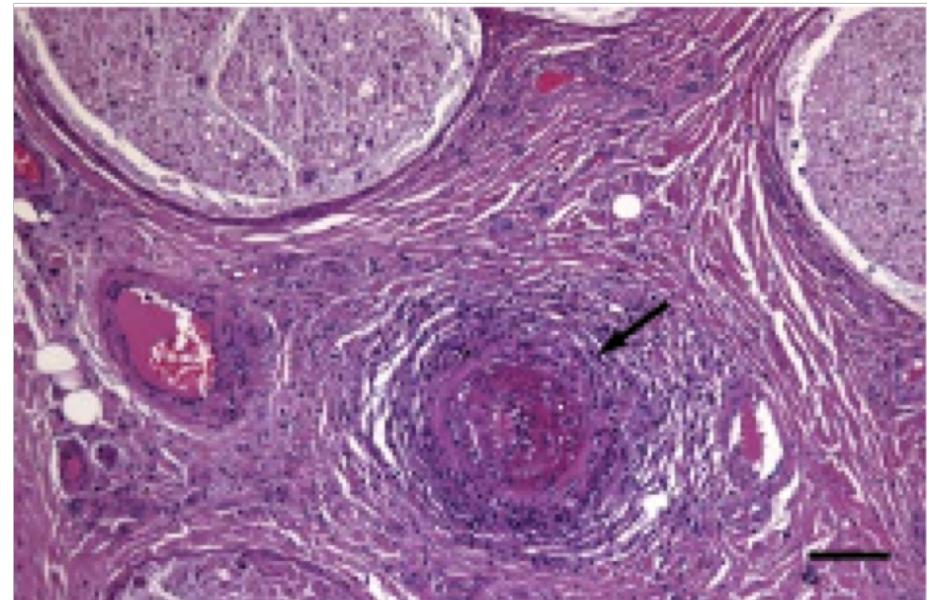
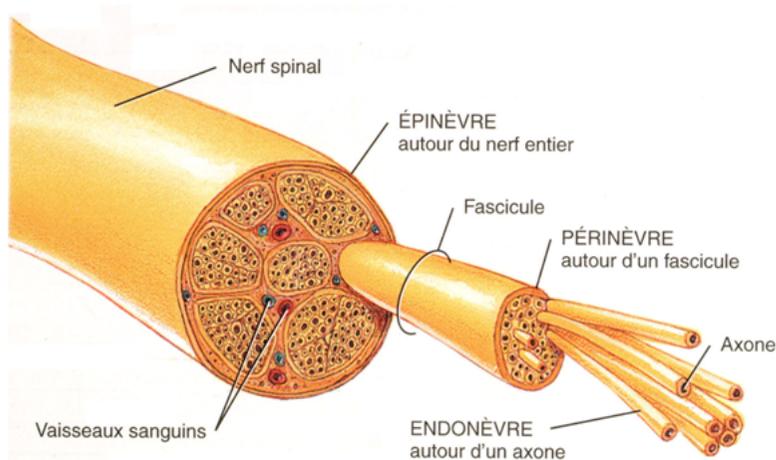
- **Récupération** de la dégénérescence par « *dying back* » :
  - **réinnervation collatérale** (*sprouting*) :



# Autres mécanismes

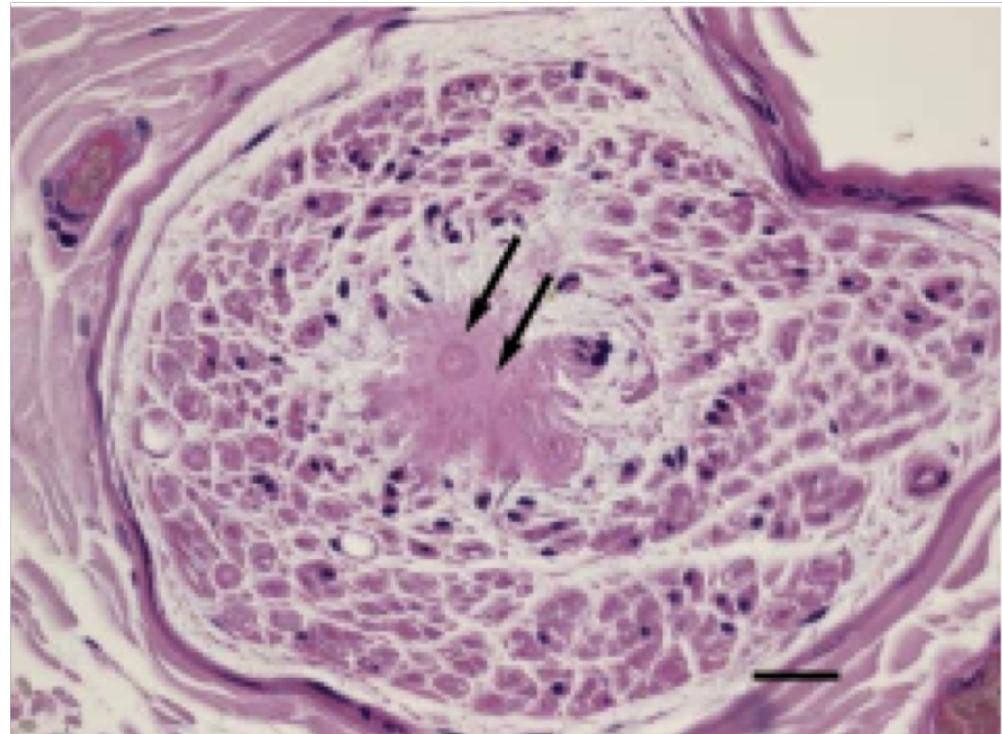
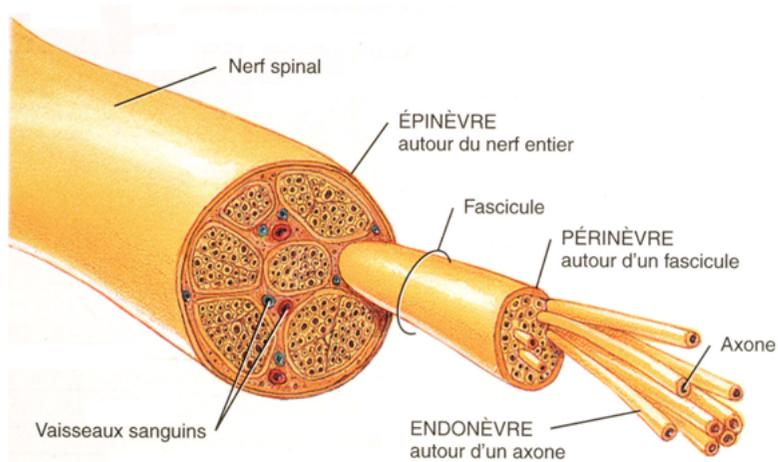
- **Atteinte vasculaire:**

- infiltrats inflammatoires de la paroi des VS => occlusion de la lumière => lésions ischémiques
- vascularites (PAN) : atteinte des VS situés dans l'épinèvre => dégénérescence axonale massive



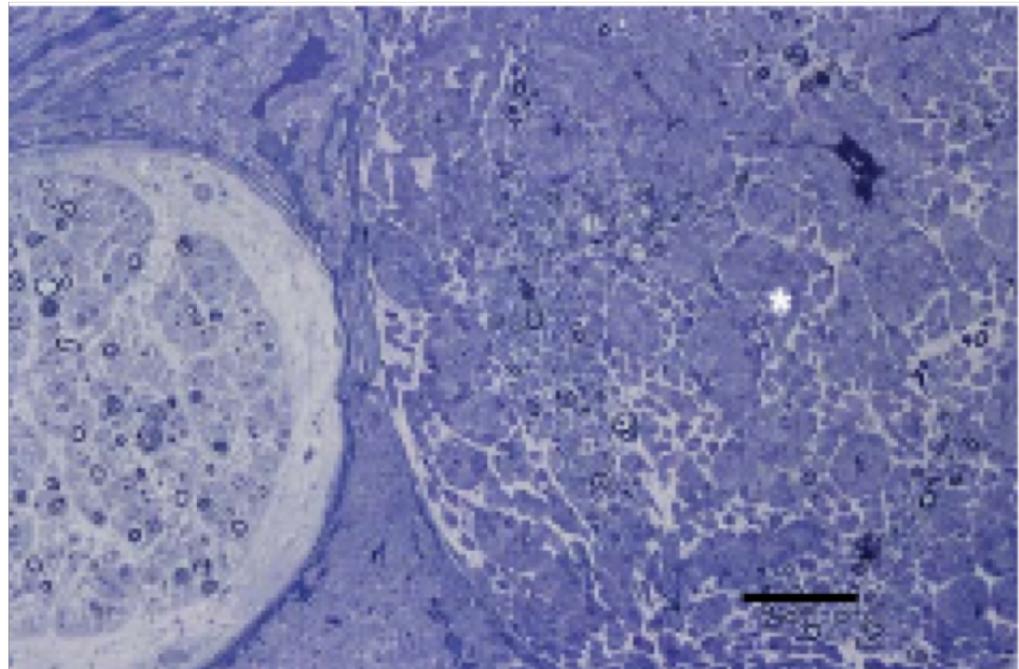
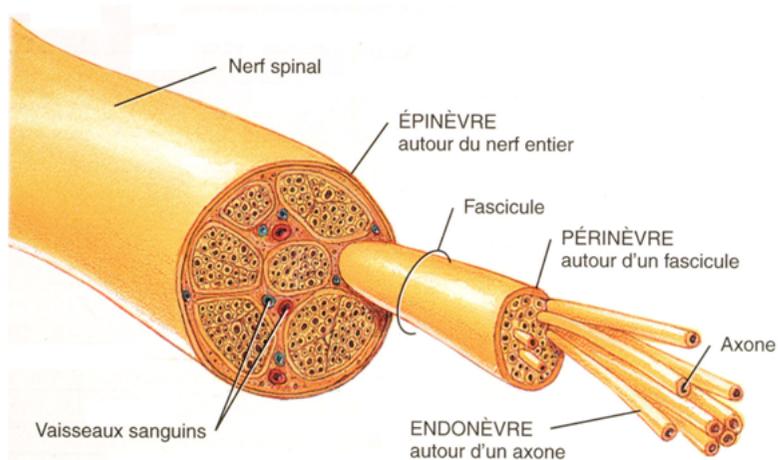
# Autres mécanismes

- Dépôts dans l'endonèvre:
  - substance amyloïde



# Autres mécanismes

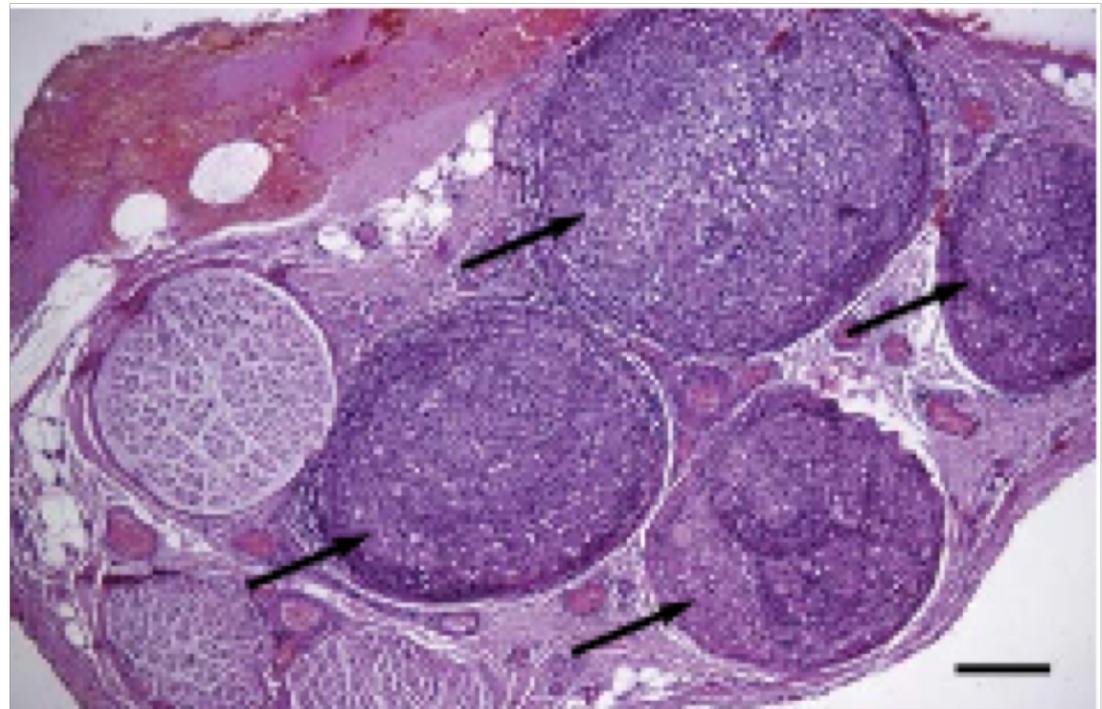
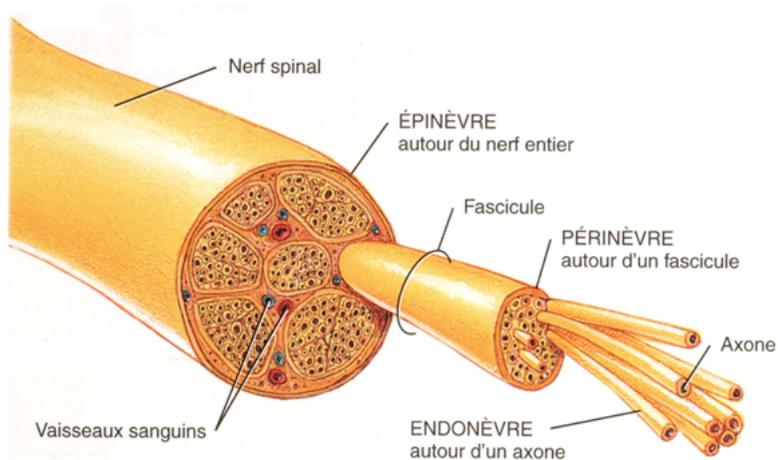
- Infiltration du nerf par des cellules tumorales:
  - racines nerveuses : lymphome, leucémie



# Autres mécanismes

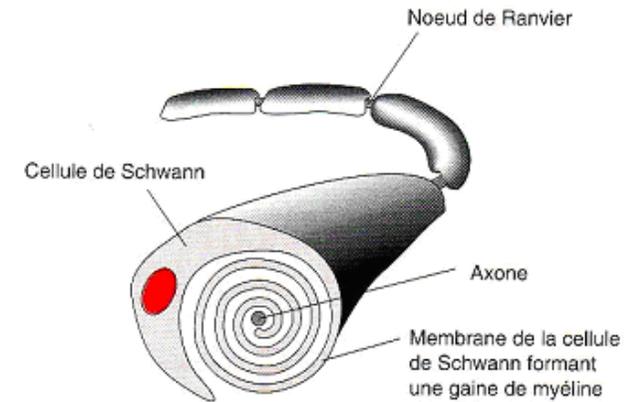
- Infection du SNP:

- Lèpre, Lyme, HIV, HTLV-1 => réaction inflammatoire et immunitaire



# 2. Myélinopathie

## Modifications structurales

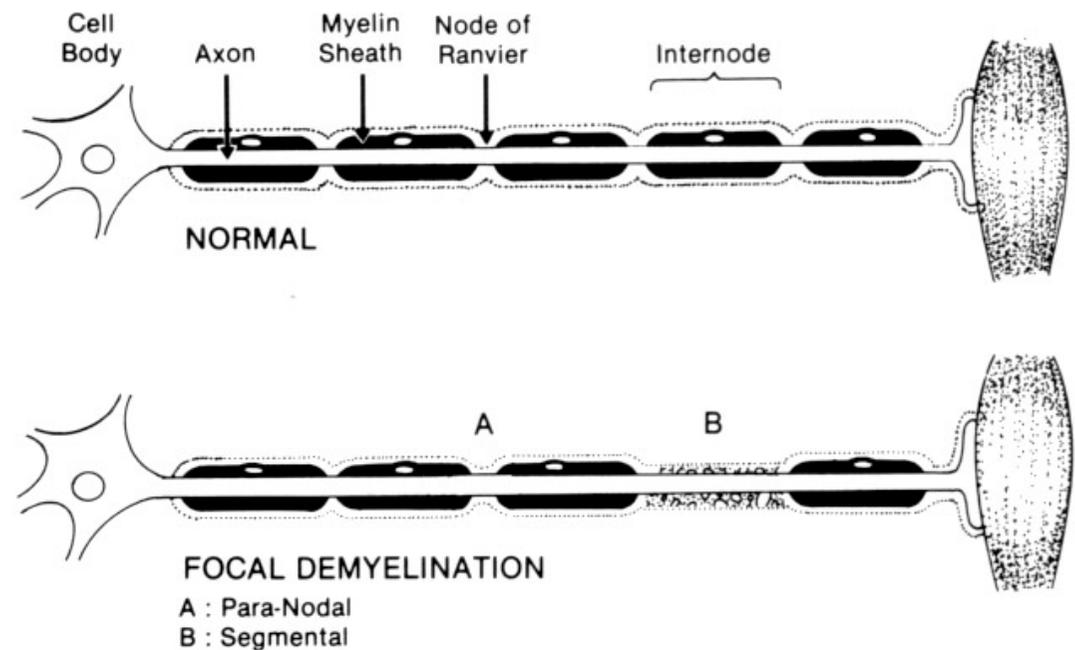
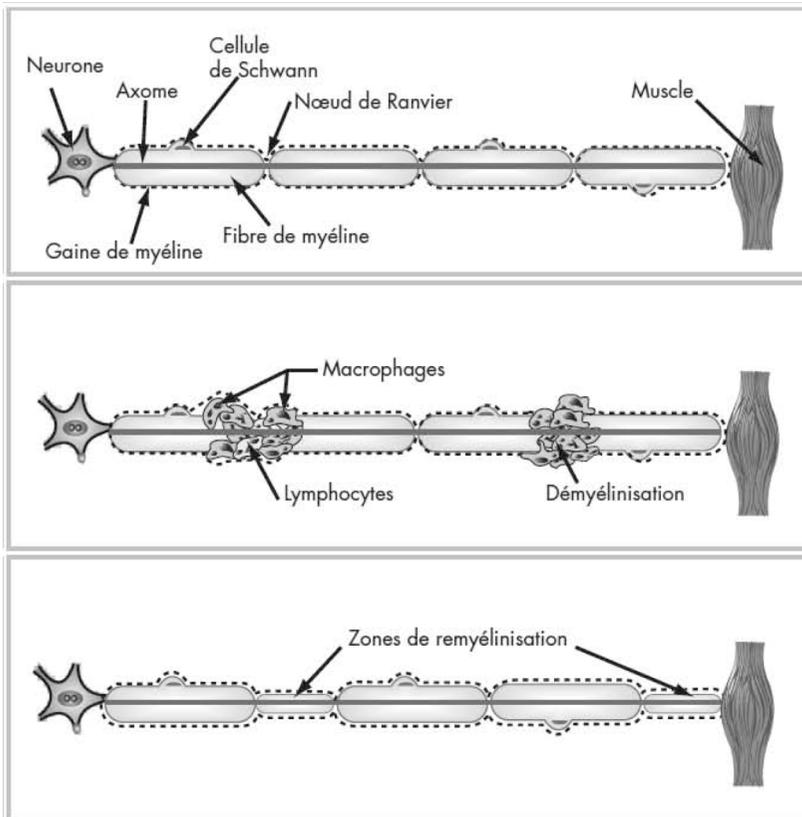


- ⊙ Axones et tissus de soutien restent intacts
- ⊙ **ischémie** (max. 6 h)
  - aucune modification structurale du nerf
  - démyélinisation paranodale**
    - ralentissement** de la conduction internodale et donc des V.C.
  - démyélinisation segmentaire**
    - **ralentissement** de la conduction internodale et donc des V.C.
    - **bloc de conduction** quand le temps de conduction internodale  $> 500-600 \mu s$

# 2. Myélinopathie

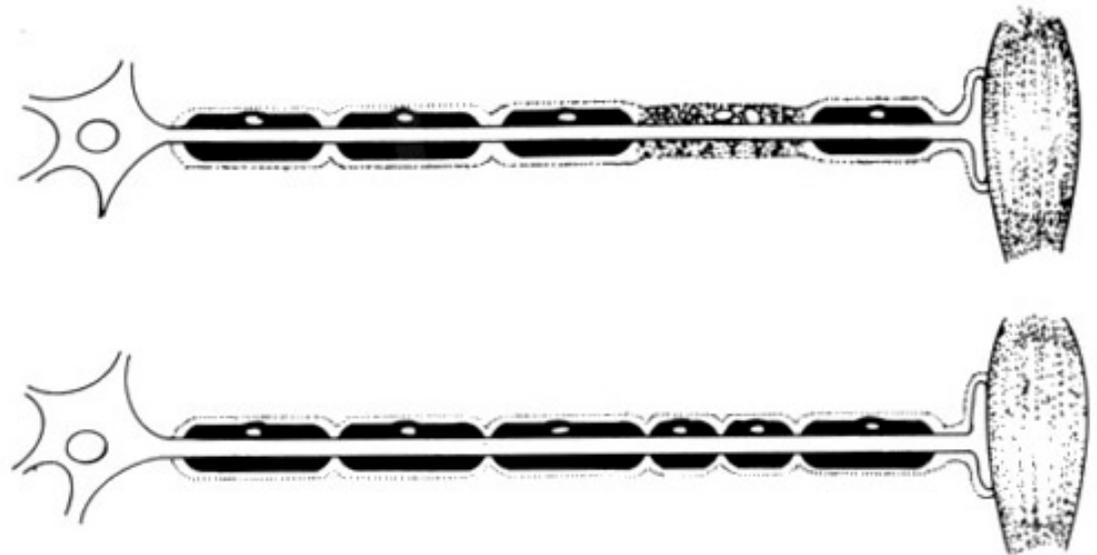
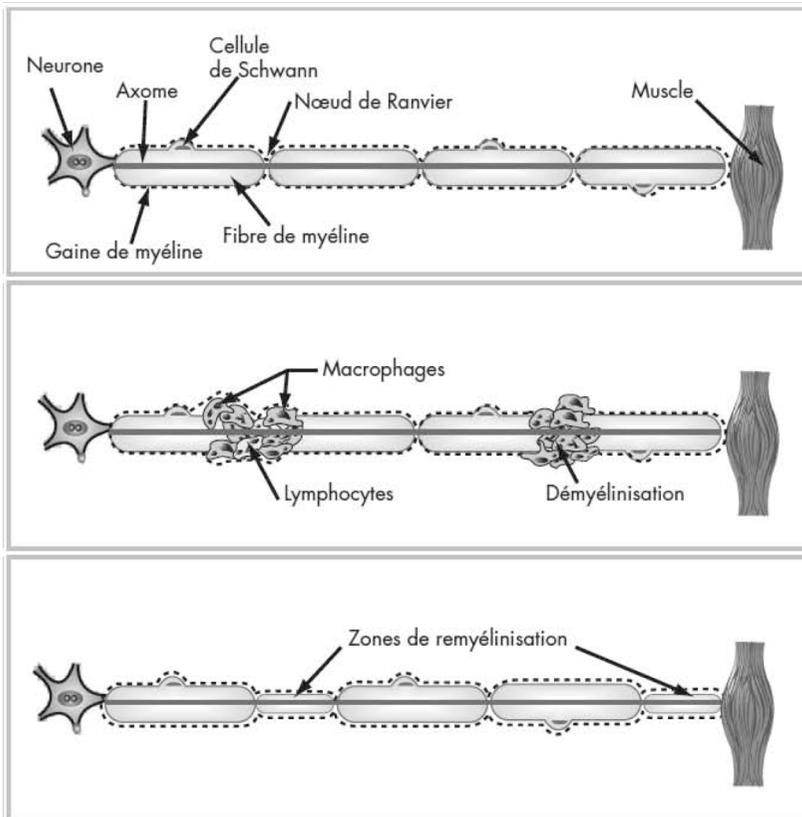
- **Démyélinisation segmentaire:**

- axones et tissus de soutien restent intacts
- perte de la myéline entre 2 nœuds de Ranvier (axonopathie secondaire parfois)
- mécanisme immunologique (SGB) ou toxique (diphthérie)

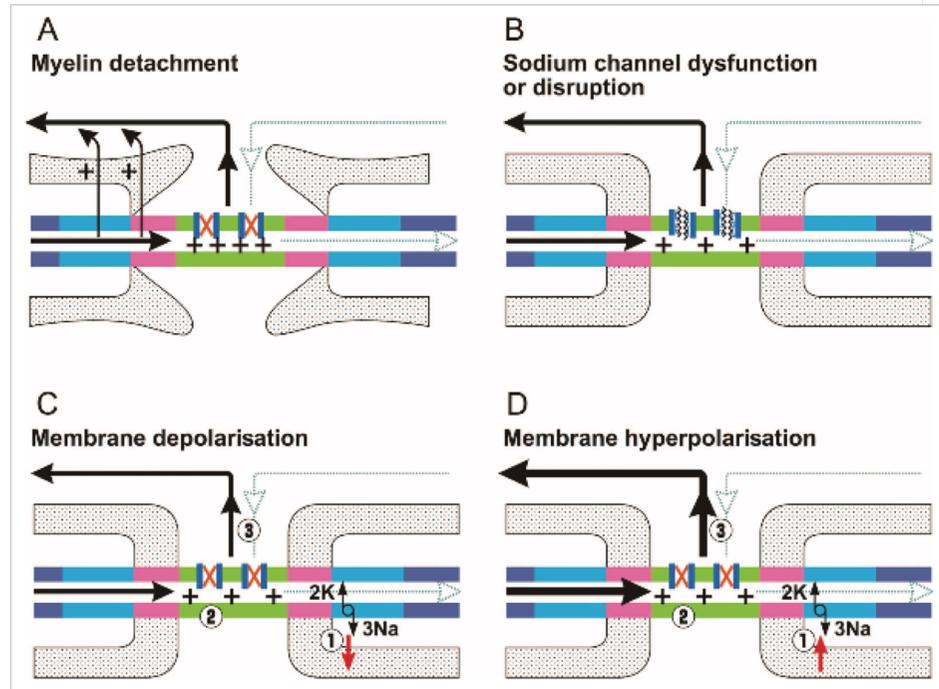
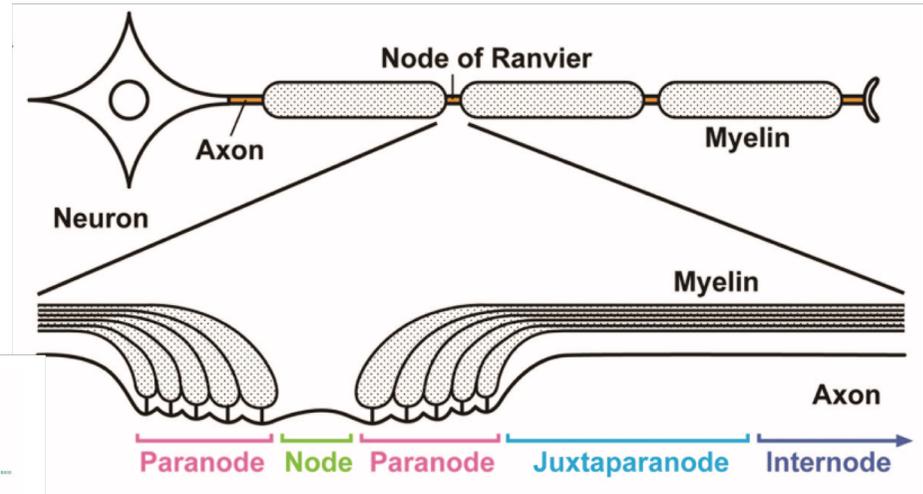


# 2. Myélinopathie

- **Récupération** de la démyélinisation segmentaire:
  - remyélinisation avec des segments internodaux plus courts



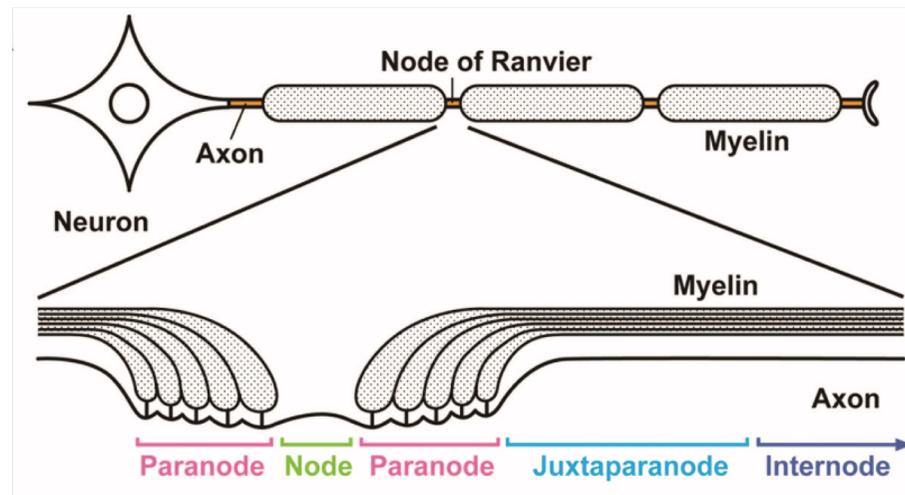
# 3. Nodo-paranodopathie



- PNP de réa
- Vascularites
- certaines PRN

# 3. Nodo-paranodopathie

- Récupération:
  - *ad integrum* en l'absence d'axonopathie secondaire



# Technique ENMG

Les outils électrophysiologiques

Buts de l'exploration électrophysiologique

ENMG : matériel

Physiopathologie des atteintes du SNP

**Conduction sensitive**

Conduction motrice

Réponses tardives H et F

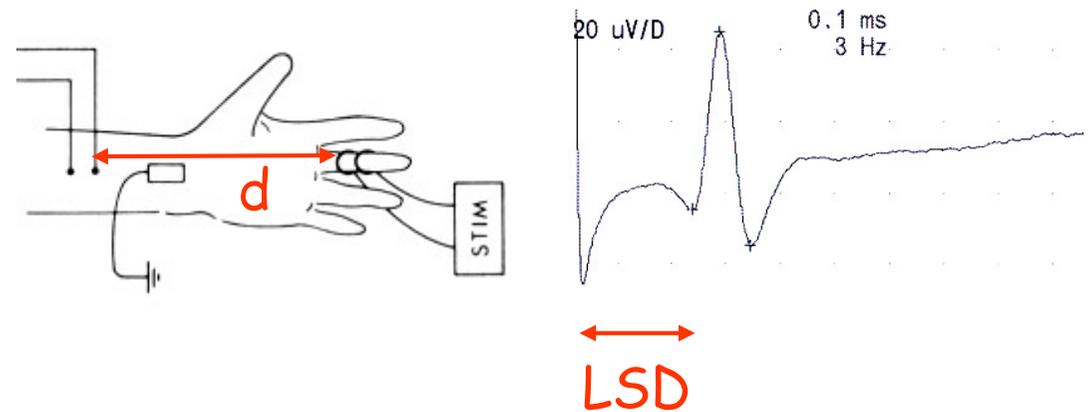
EMG

Contre-indications

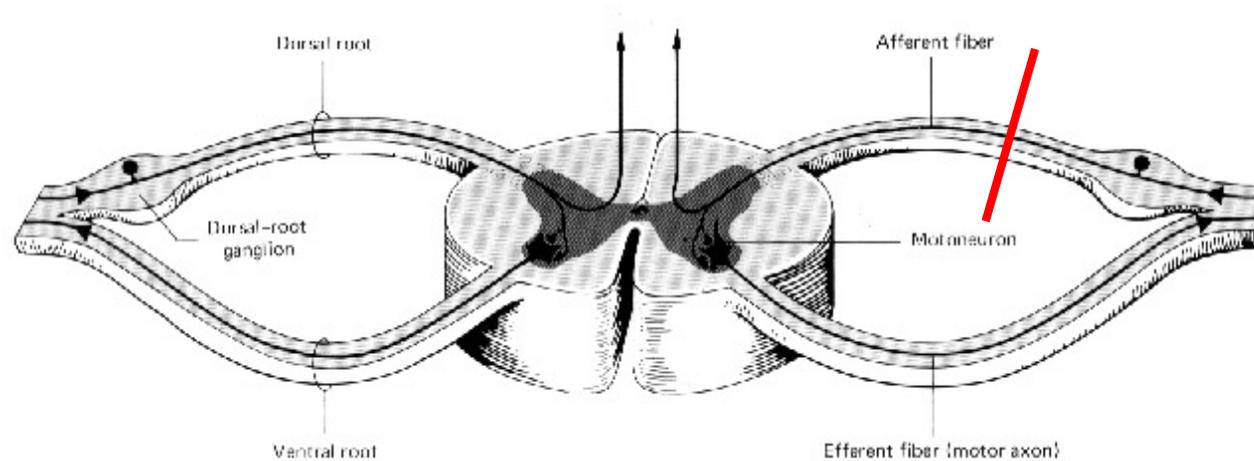
# Neurographie sensitive

- Grosses fibres myélinisées (Ia) dont le corps cellulaire se trouve dans le ganglion rachidien
- Stimulation du nerf en un point et détection du potentiel d'action sensitif transmis en un autre point du nerf

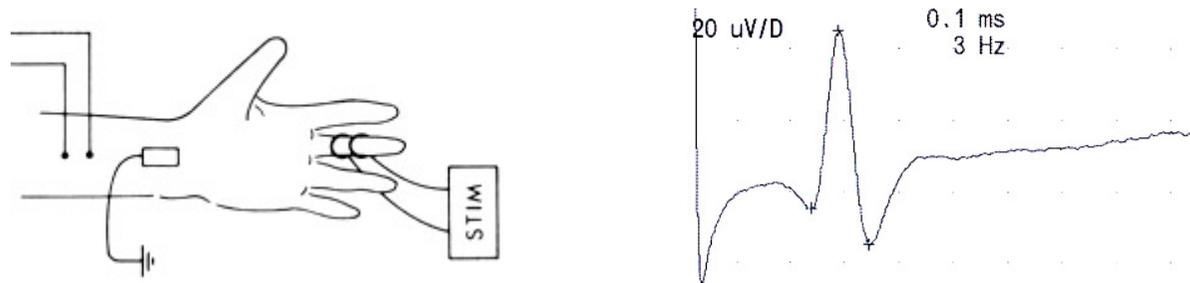
- LSD  
VCS : d : LSD  
Amplitude (> 12J)



# Neurographie sensitive



**Une lésion même sévère (section complète) en amont du ganglion rachidien n'entraîne aucune dégénérescence axonale sensitive**



# Neurographie sensitive

- ① M. Sup.    n. médian :                    > 55 m/s, > 20  $\mu$ V  
                  n. radial :                        > 55 m/s, > 20  $\mu$ V  
                  n. musculo. :                   > 55 m/s, > 10  $\mu$ V  
                  n. ulnaire:                       > 55 m/s, > 10  $\mu$ V  
                  n. BCI :                           > 55 m/s, > 10  $\mu$ V
  
- ① M. Inf.     n. sural :                        > 45 m/s, > 10  $\mu$ V  
                  n. péronier sup.:              > 45 m/s, > 10  $\mu$ V  
                  n. saphène int.  
                  n. fémoro-cut.

# Neurographie sensitive

**Droit Sural**  
Suralis  
20 $\mu$ V/D 20 $\mu$ V/D EMG1  
0.5ms/D

0.0mA 0.1ms 3Hz

**Droit Sensitif Suralis**

Sites	Dist [mm]	CV [m/s]	Amp [ $\mu$ V]	Lat [ms]	pLat [ms]	Area [ms* $\mu$ V]

Moy.:0 Rejets:0

Mollet 8 cm - Malléole

Mollet 14 cm - Malléole

Imp. / pair



# Technique ENMG

Les outils électrophysiologiques

Buts de l'exploration électrophysiologique

ENMG : matériel

Physiopathologie des atteintes du SNP

Conduction sensitive

**Conduction motrice**

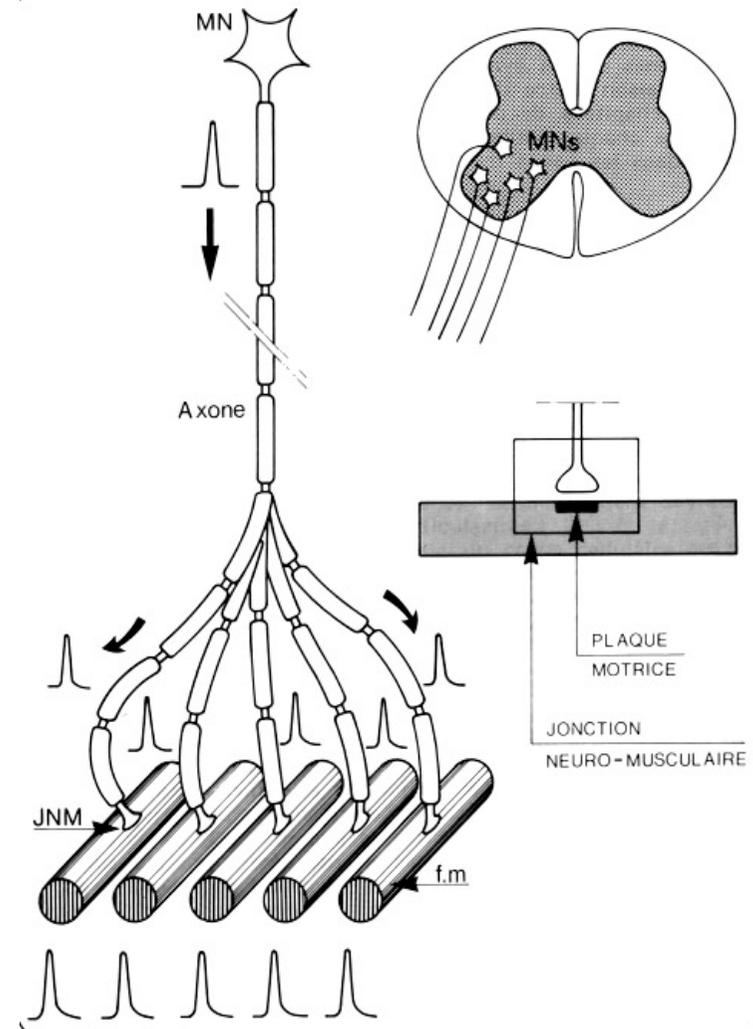
Réponses tardives H et F

EMG

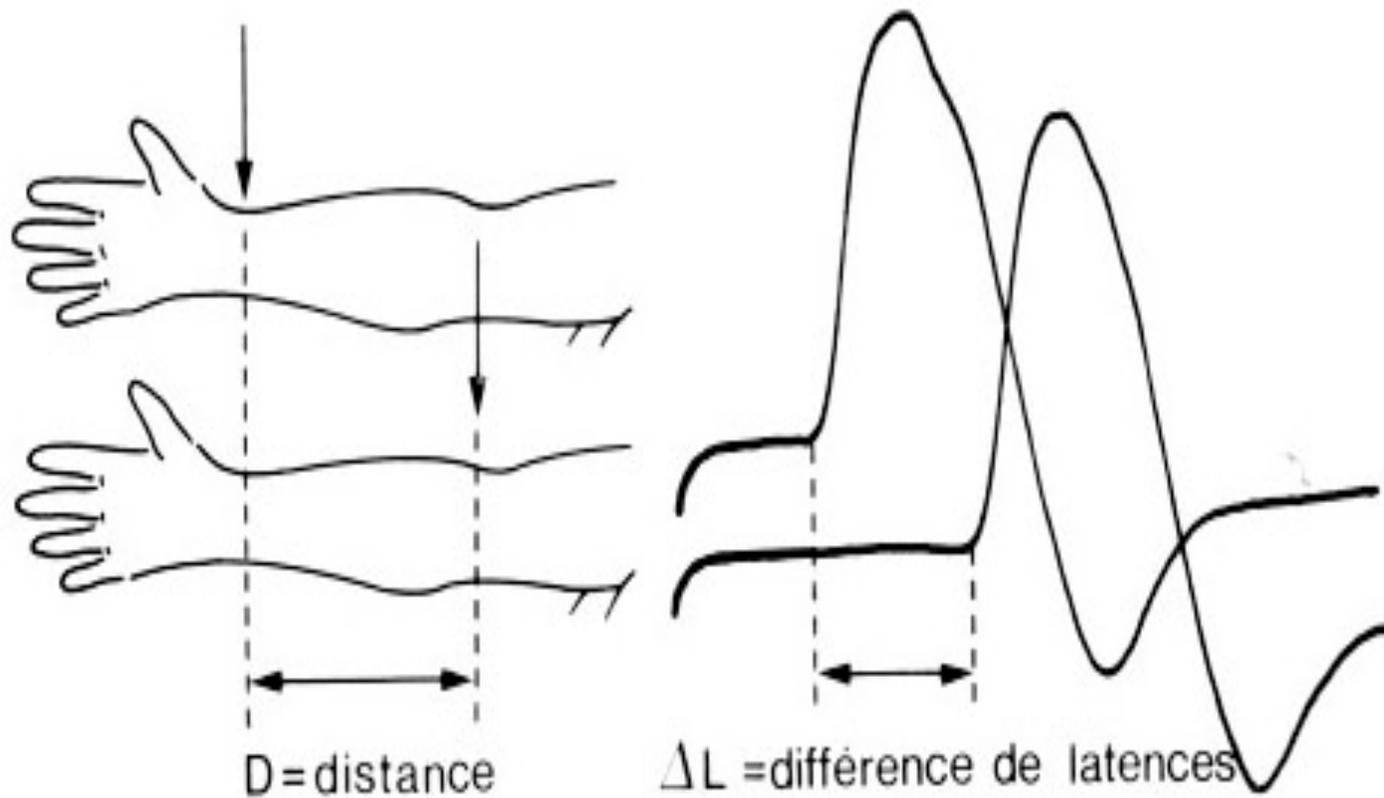
Contre-indications

# Neurographie motrice

- Unité motrice
- Stimulation du nerf  
détection musculaire  
(surface ou aiguille)
- LDM } qualité de la  
VCM } myélinisation
- Amplitude
  - nombre d'axones (> 9 J)
  - transmission NM
  - taille des UMs



# Neurographie motrice



$$\text{vitesse de conduction (m/sec)} = \frac{D(\text{cm})}{\Delta L(\text{msec})} \times 10$$

# Neurographie motrice

- ① Face n. facial
- ① M. Sup. n. médian : > 50 m/s, > 4 mV  
n. ulnaire: > 50 m/s, > 7 mV  
n. musculocutané  
n. radial :  
n. de Charles Bell  
n. sus-scapulaire  
n. spinal  
n. circonflexe
- ① M. Inf. n. fibulaire: > 40 m/s, > 2 mV  
n. tibial: > 40 m/s, > 4 mV  
n. fémoral

# Neurographie motrice

**Droit Fibulaire**  
Peroneus  
Enreg.: EDB  
5mV/D EMG1  
5ms/D

0.0mA 0.2ms 1.0Hz

**Cheville**

**Droit Moteur Peroneus** | EDB

Sites	Lat [ms]	Amp [mV]	Dur [ms]	Area [ms*mV]	Stim [mA]

Segments

Segments	Dist [mm]	CV [m/s]	Amp [%]	Dur [%]	Area [%]

**Droit Moteur Peroneus profundus** | Tibial ant

Sites	Lat [ms]	Amp [mV]	Dur [ms]	Area [ms*mV]	Stim [mA]

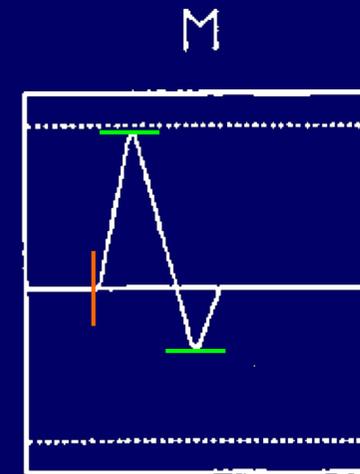
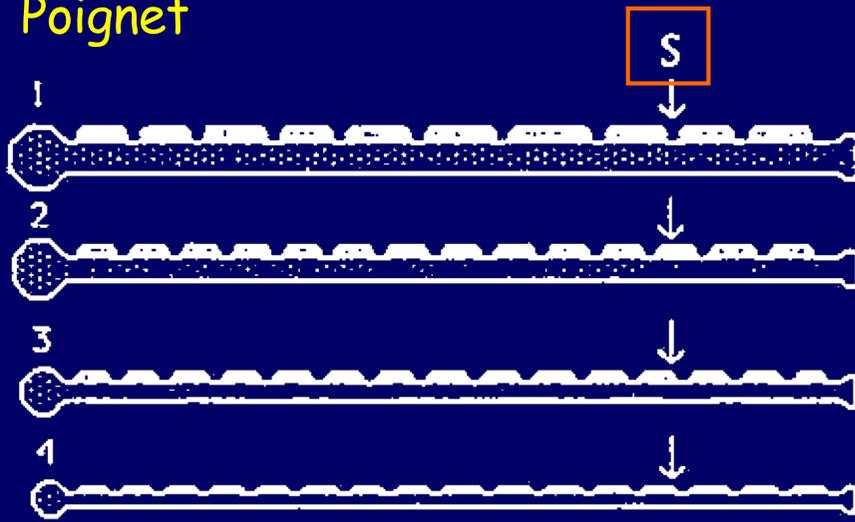
Segments

Segments	Dist [mm]	CV [m/s]	Amp [%]	Dur [%]	Area [%]



Creux nonlité - EDB

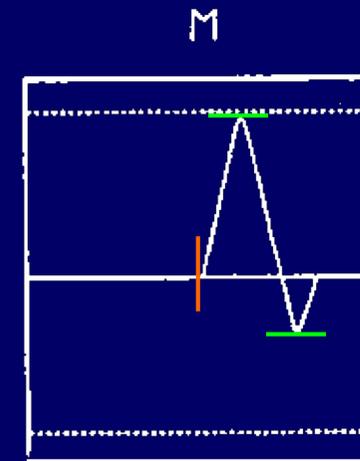
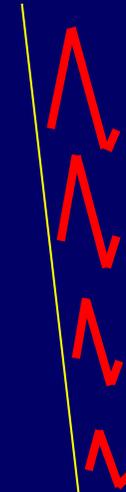
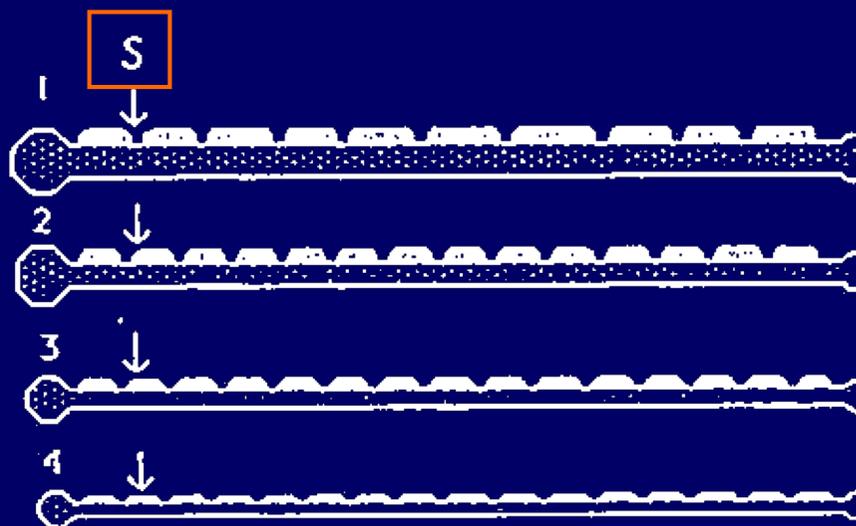
## Poignet



LDM

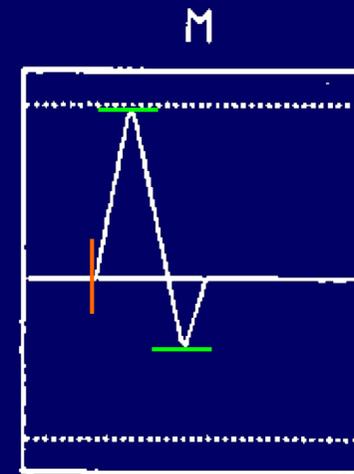
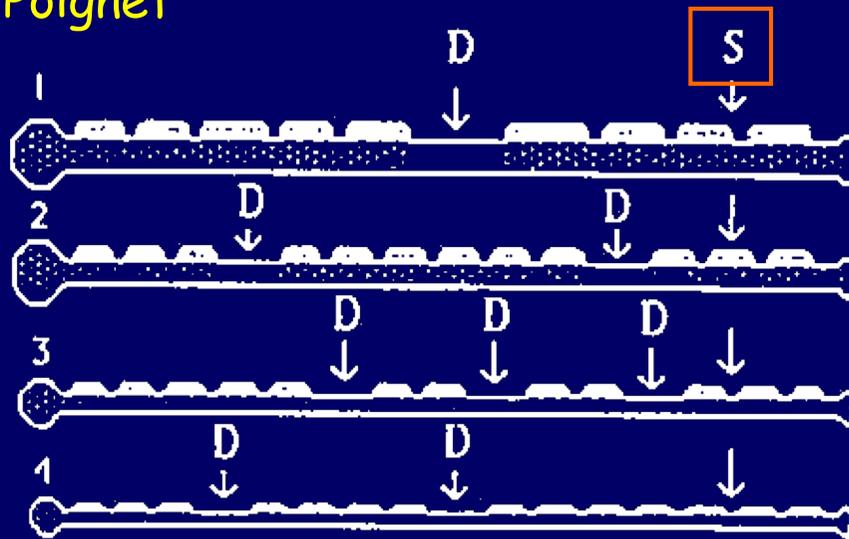
$$VCM = \frac{\text{distance coude-poignet}}{(LPM-LDM)}$$

## Coude



LPM

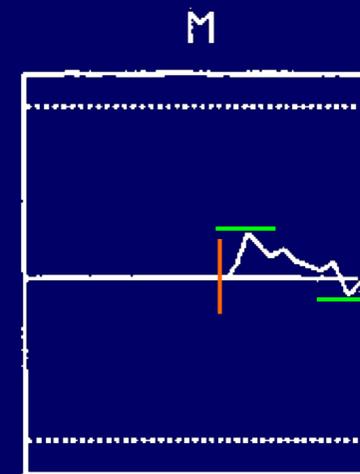
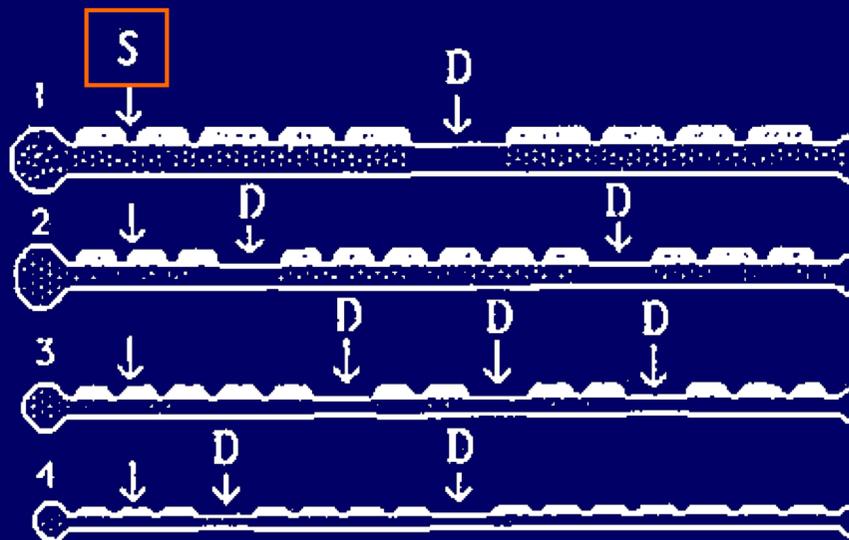
## Poignet



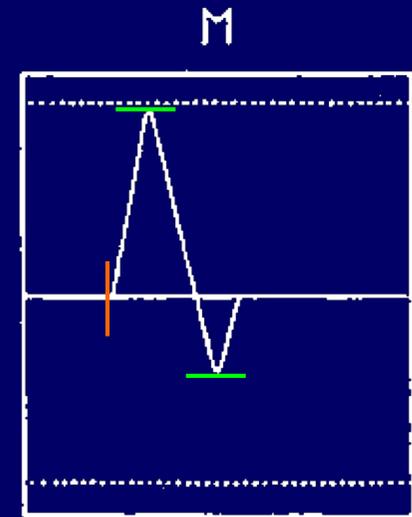
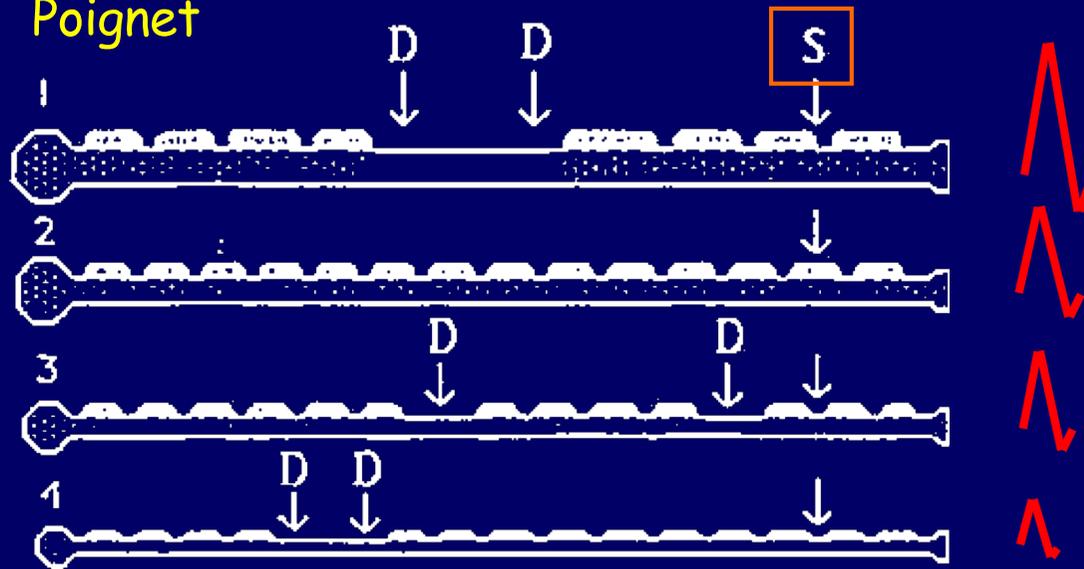
Démýélinisation segmentaire:

ralentissement des VC  
dispersion temporelle

## Coude



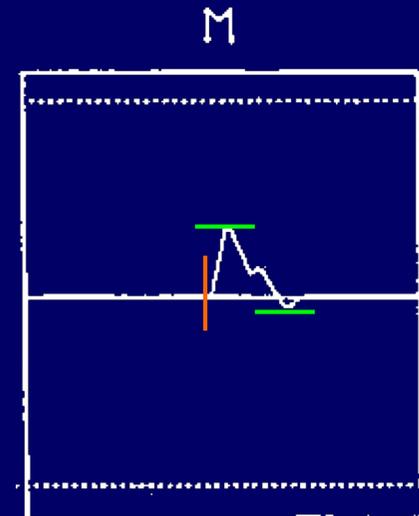
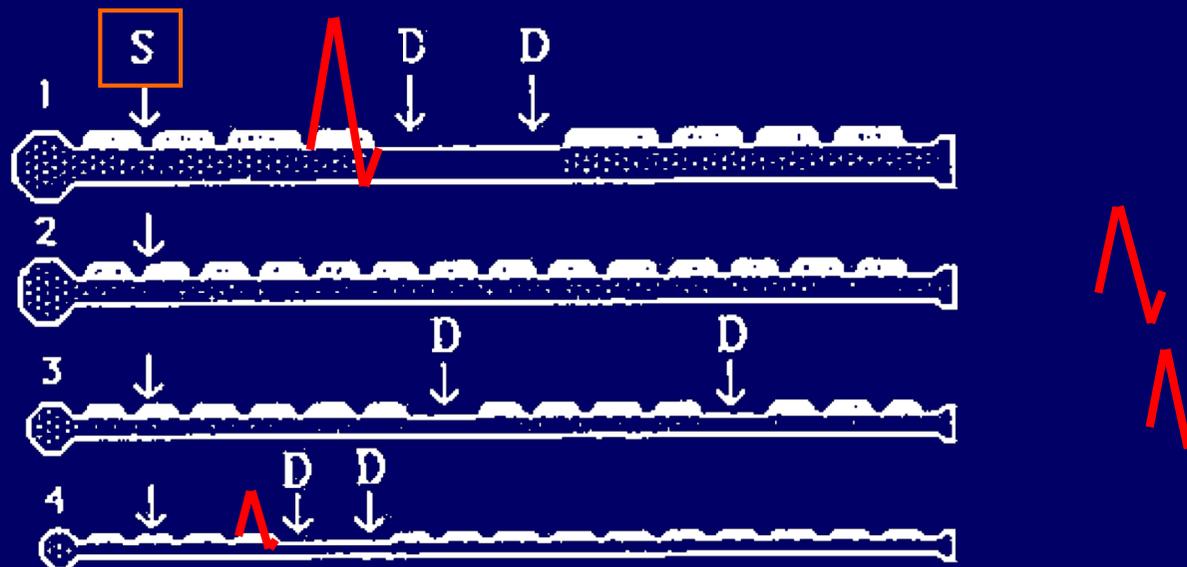
## Poignet



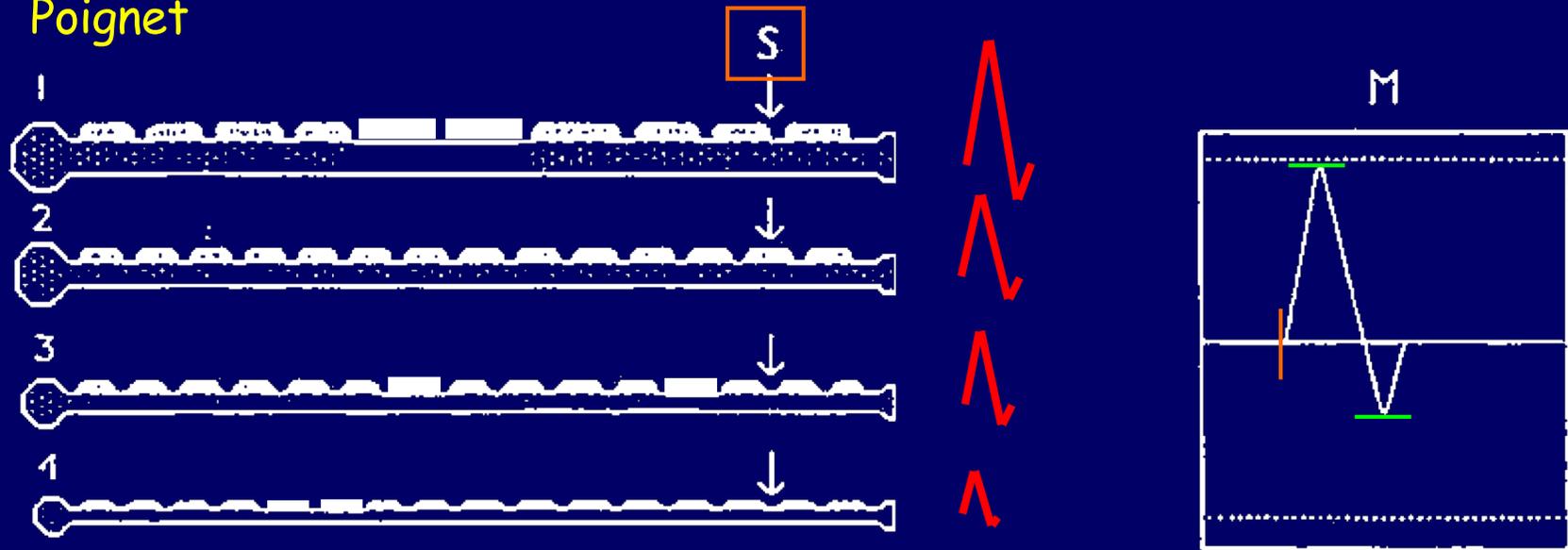
Démyélinisation segmentaire:

B.C.

## Coude

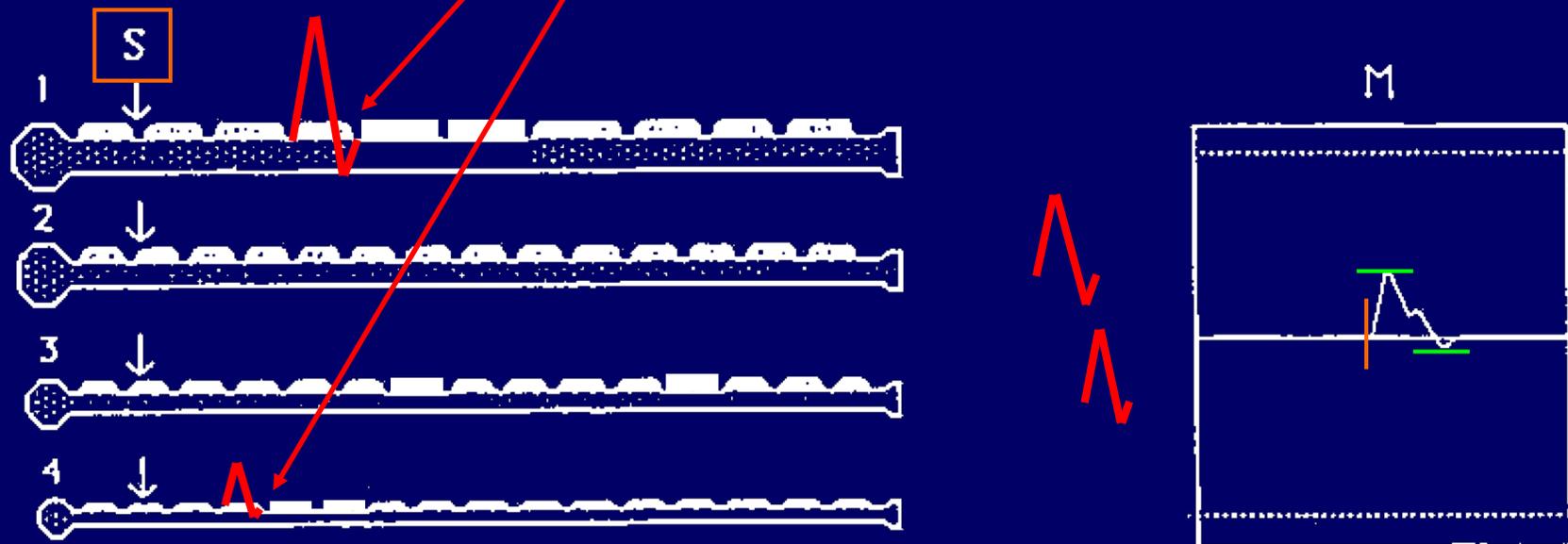


## Poignet

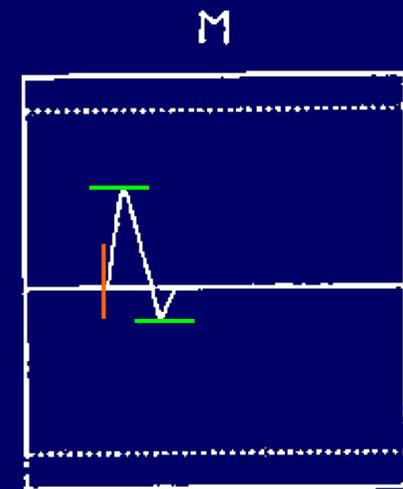
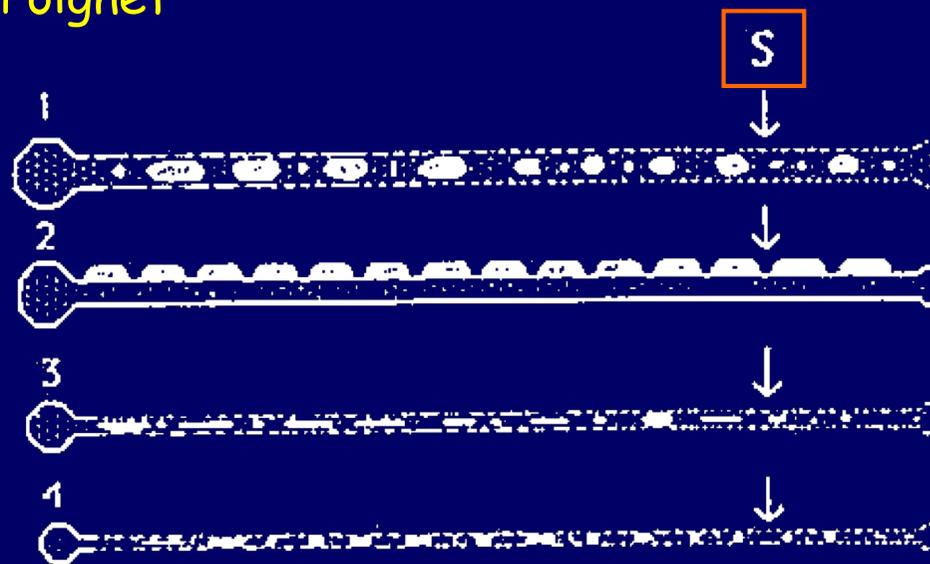


Ac anti-canaux ioniques : ralentissement de la VC et BC

## Coude

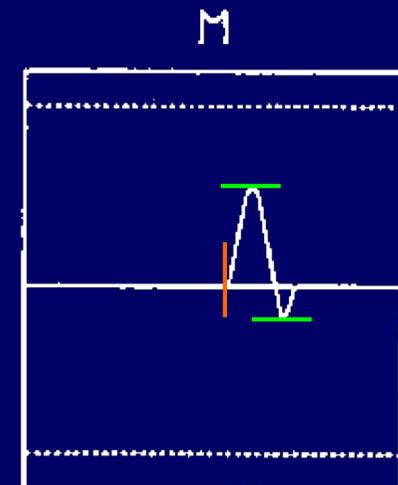
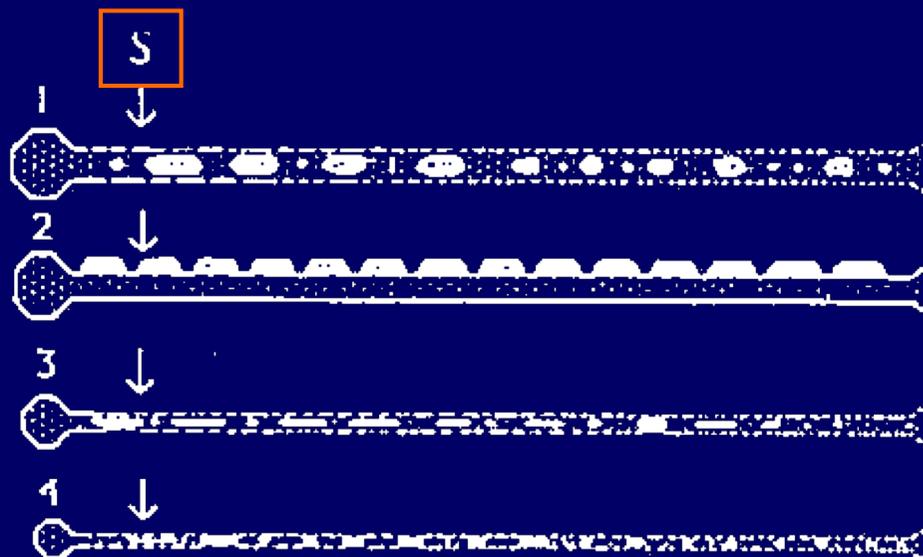


## Poignet

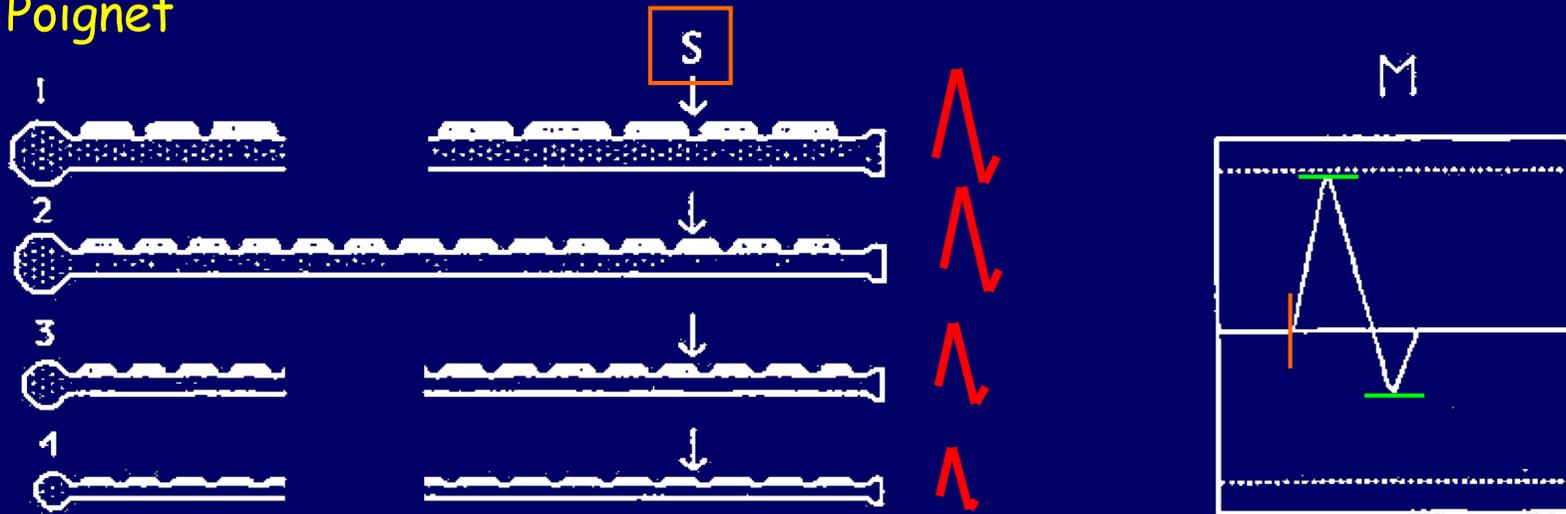


Dégénérescence axonale (Wallerienne): > 8<sup>ème</sup> jour

## Coude

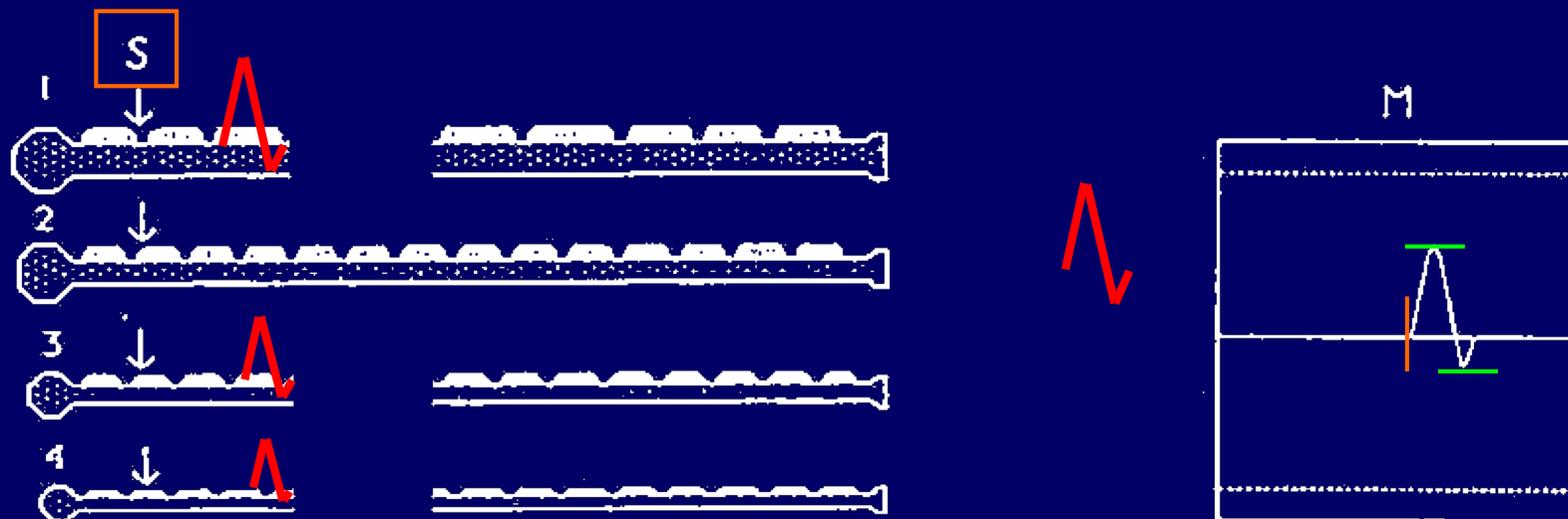


## Poignet

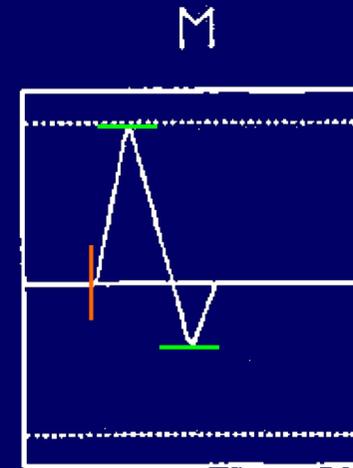
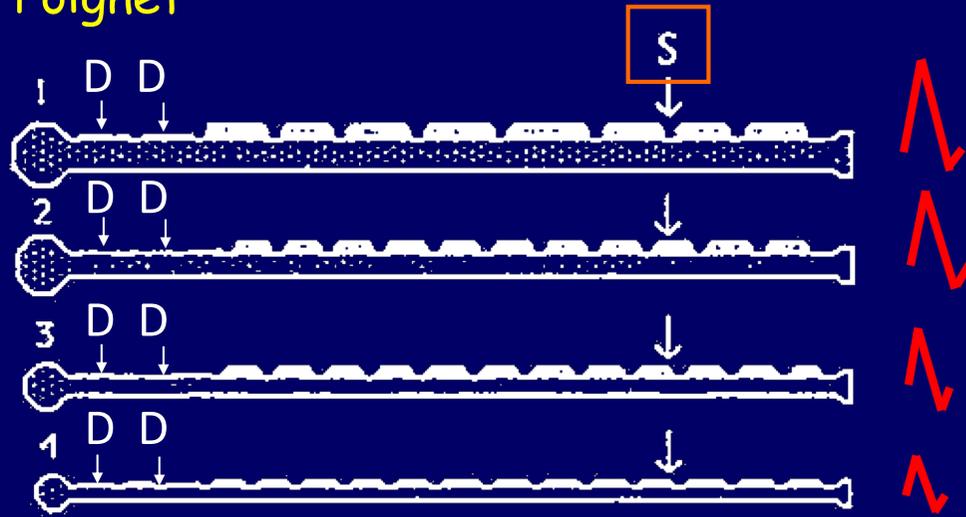


Dégénérescence axonale (Wallerienne): < 8<sup>ème</sup> jour  
pseudo B.C.

## Coude

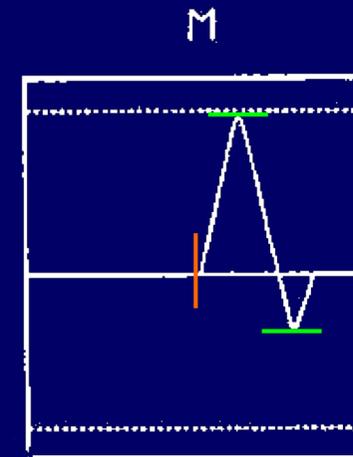
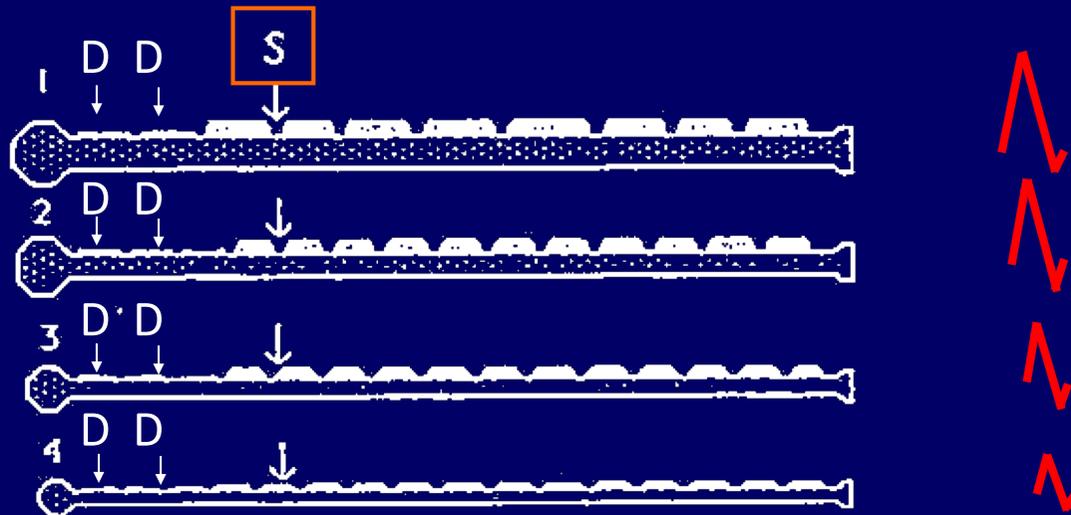


## Poignet

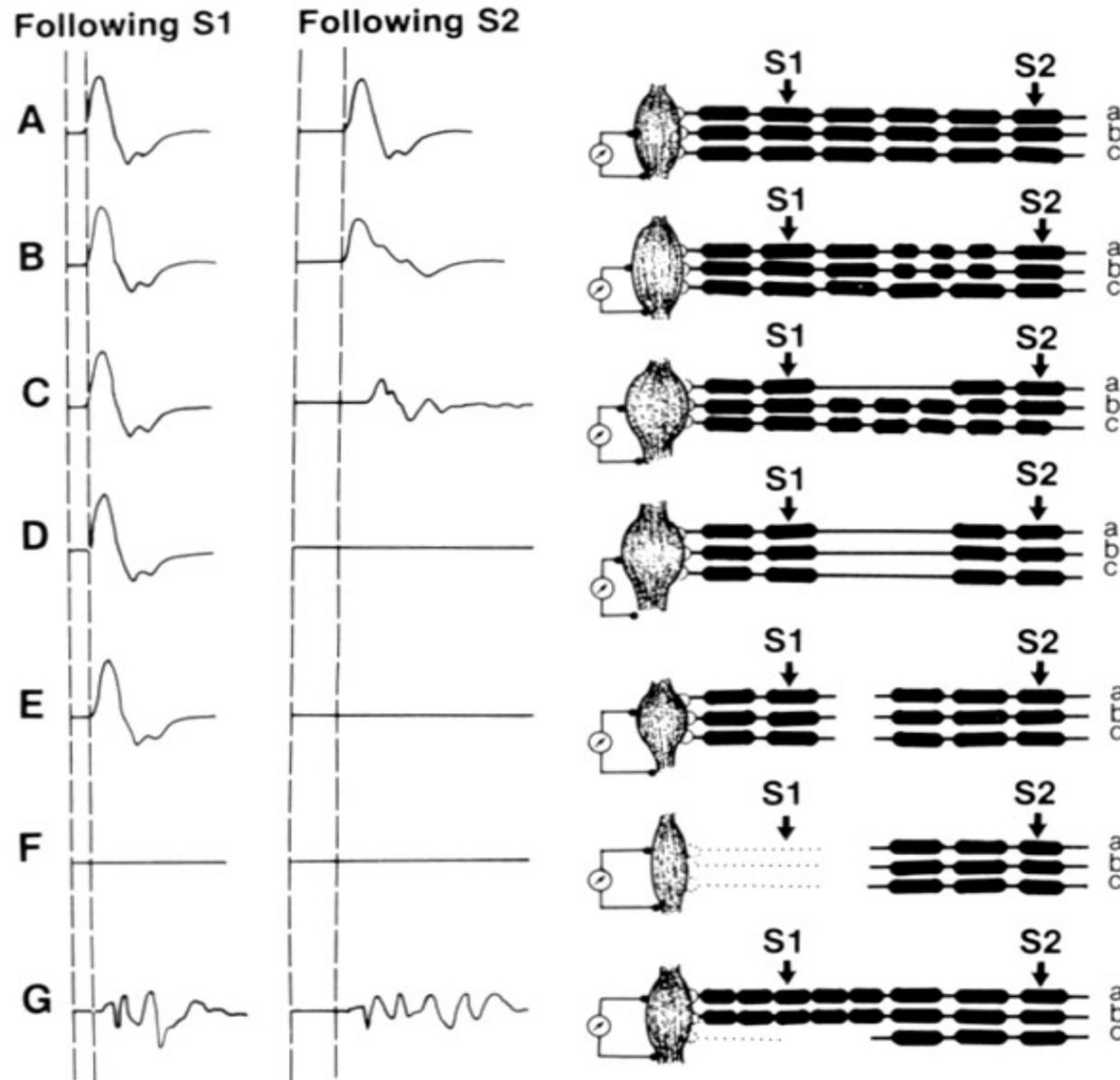


B.C. proximal

## Coude



# Neurographie motrice



# Technique ENMG

Les outils électrophysiologiques

Buts de l'exploration électrophysiologique

ENMG : matériel

Physiopathologie des atteintes du SNP

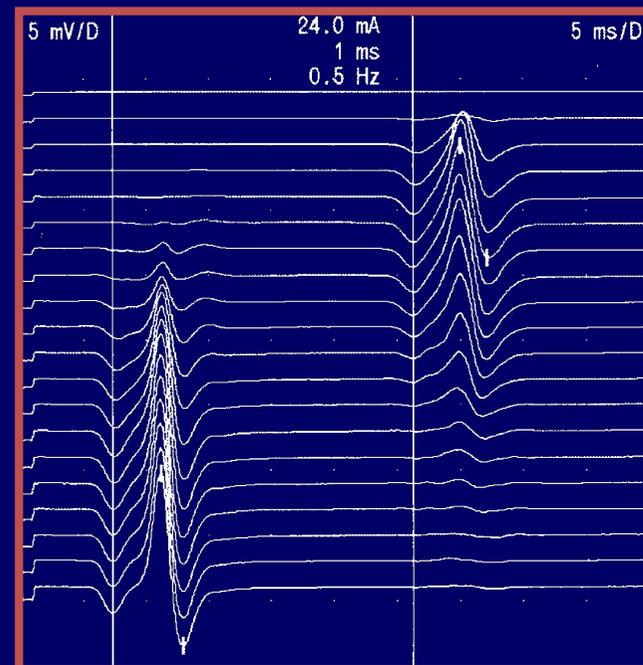
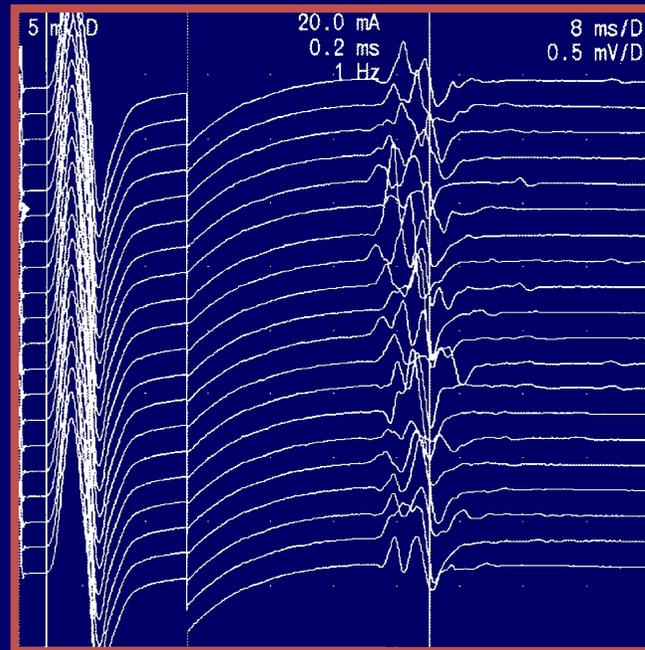
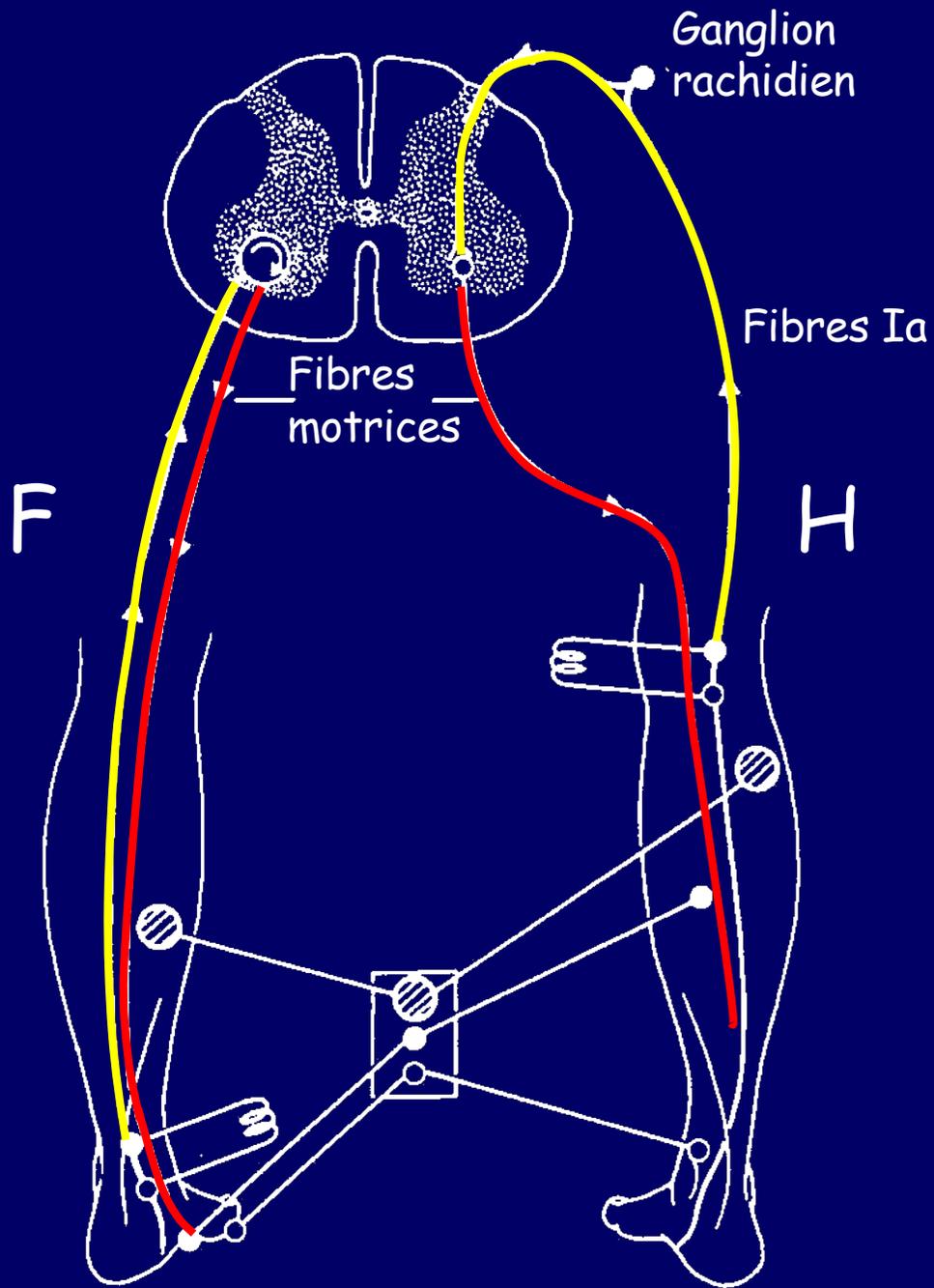
Conduction sensitive

Conduction motrice

Réponses tardives H et F

EMG

Contre-indications



# Réflexologie

**Droit Tibialis**  
Tibialis  
Enreg.: Soleus  
Sms/D 0.5mV/D  
EMG1

0.0mA 1.0ms 0.4-0.5Hz

**Creux poplité**

Site	H-M Lat [ms]	Amp [mV]	HLat [ms]	H/M Ratio	H Index

M Amp [mV]	H Amp [mV]	H-M Lat [ms]	Stim Int [mA]

**Droit Tibialis** | Soleus



The image shows a person's legs lying on a table. Electrodes are attached to the popliteal crease (the back of the knee) of both legs. The person's feet are slightly flexed at the knees. This setup is used for recording the H-reflex from the soleus muscle in response to a stimulus applied to the popliteal nerve.

# Technique ENMG

Les outils électrophysiologiques

Buts de l'exploration électrophysiologique

ENMG : matériel

Physiopathologie des atteintes du SNP

Conduction sensitive

Conduction motrice

Réponses tardives H et F

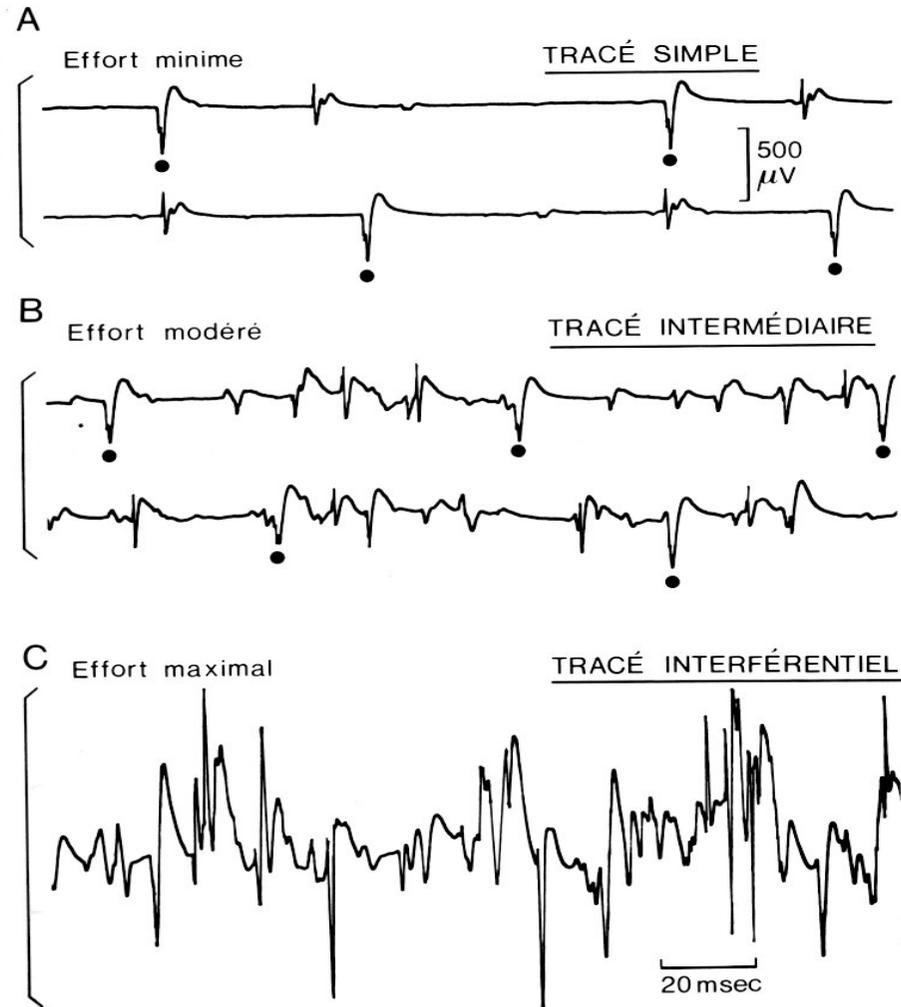
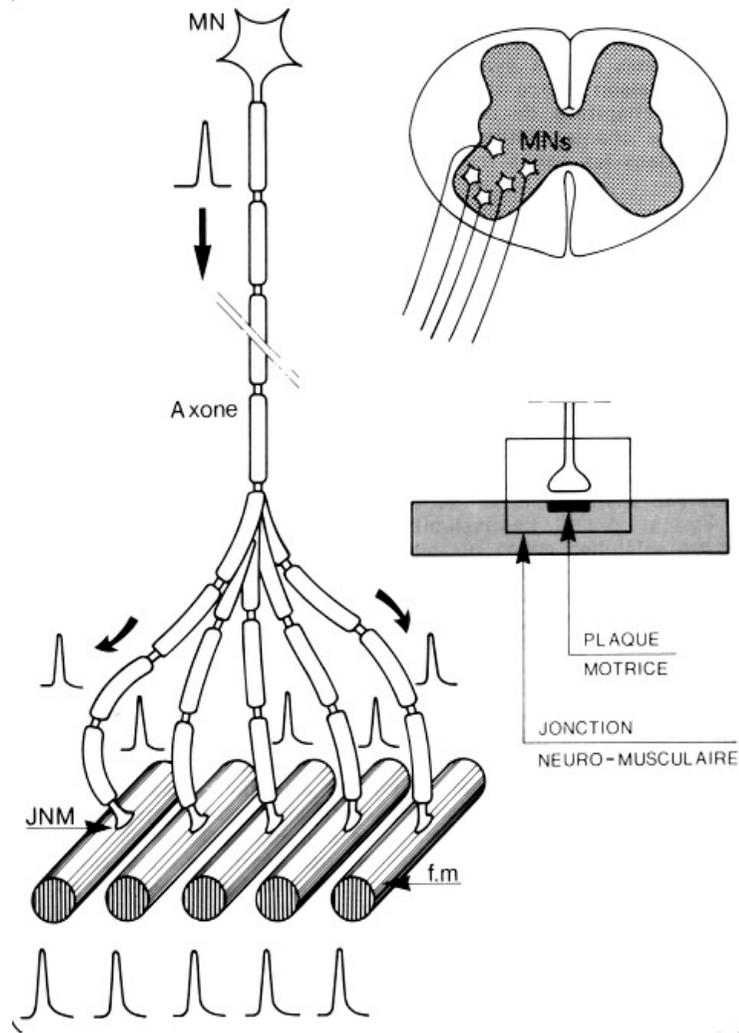
**EMG**

Contre-indications

# Electromyographie

- ⊙ Partie terminale de l'unité motrice (f.m.)
- ⊙ Détection : aiguille (ou surface)  
stimulation remplacée par l'activation volontaire
- ⊙ Muscle au repos
- ⊙ Contraction volontaire d'intensité croissante
  - recrutement spatial
  - recrutement temporel
- ⊙ Analyse des PUMs
  - amplitude : 150-1500  $\mu\text{V}$
  - durée : 5-15 ms
  - morphologie : 4 phases maximum
  - stabilité

# Electromyographie

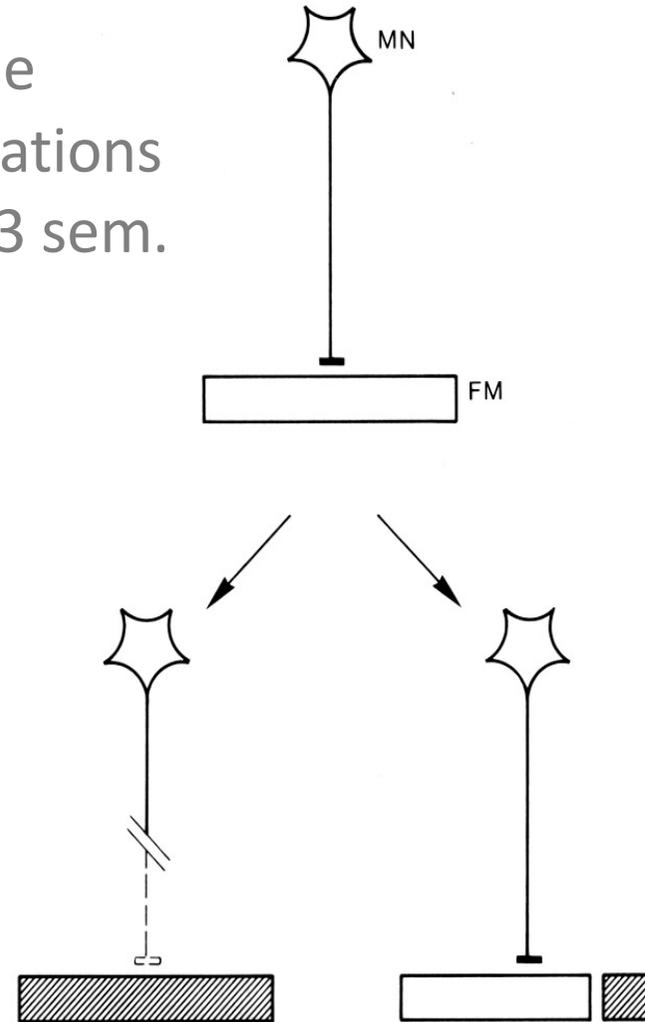
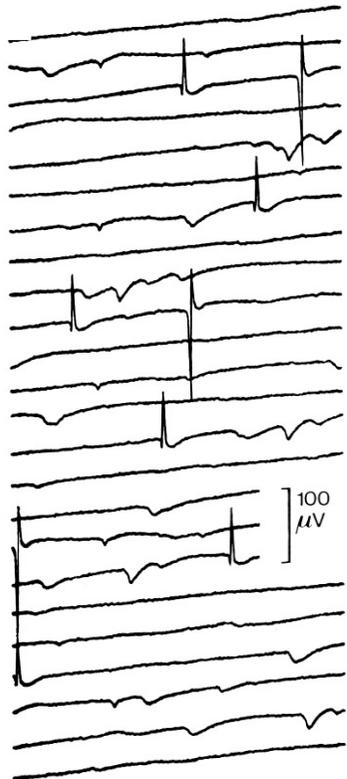


# Electromyographie



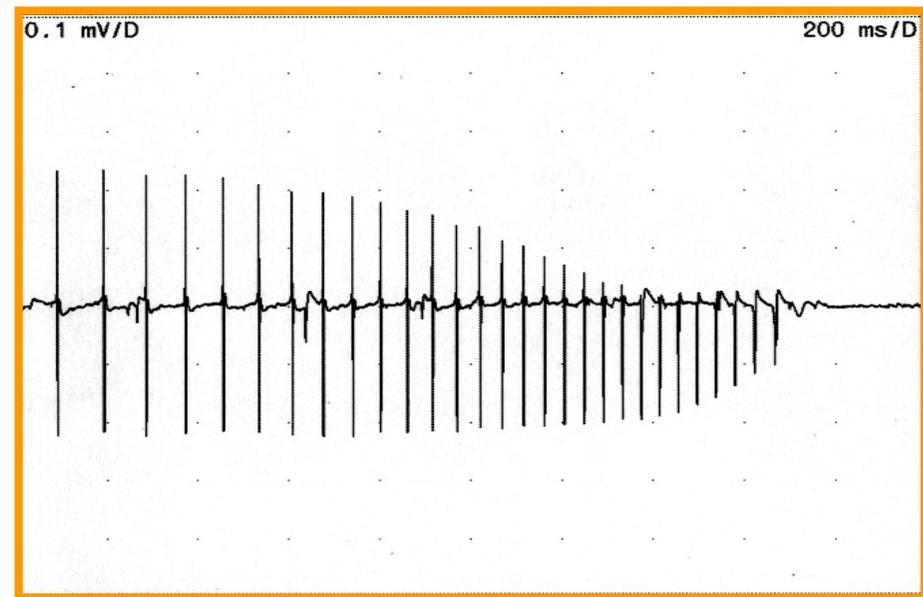
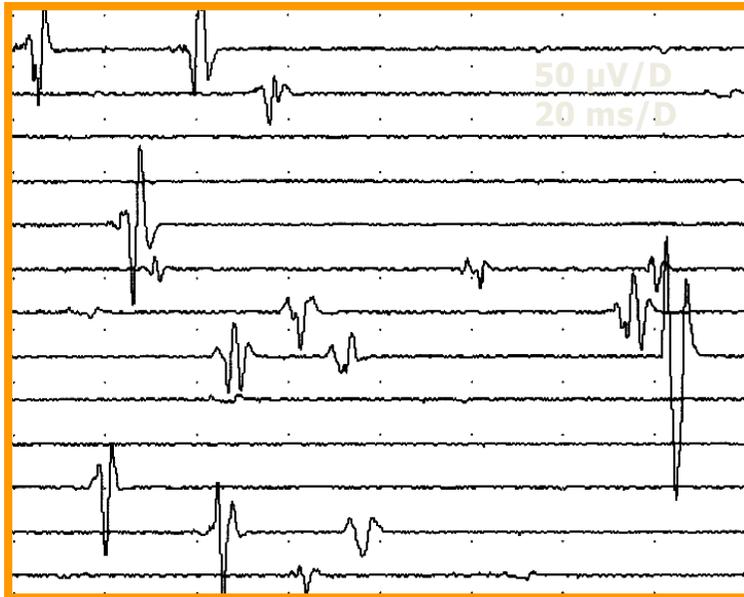
# Electromyographie

- Muscle sain : silence électrique
- Dénervation active } Fibrillations  
nécrose musculaire } > 2 à 3 sem.



# Electromyographie

- Fasciculations : pathologies motoneuronales
- Myotonies : dystrophie musculaire de Steinert

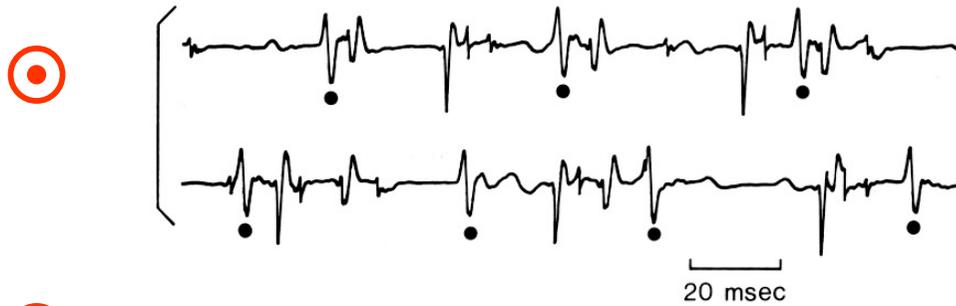


# EMG : perte axonale aigüe

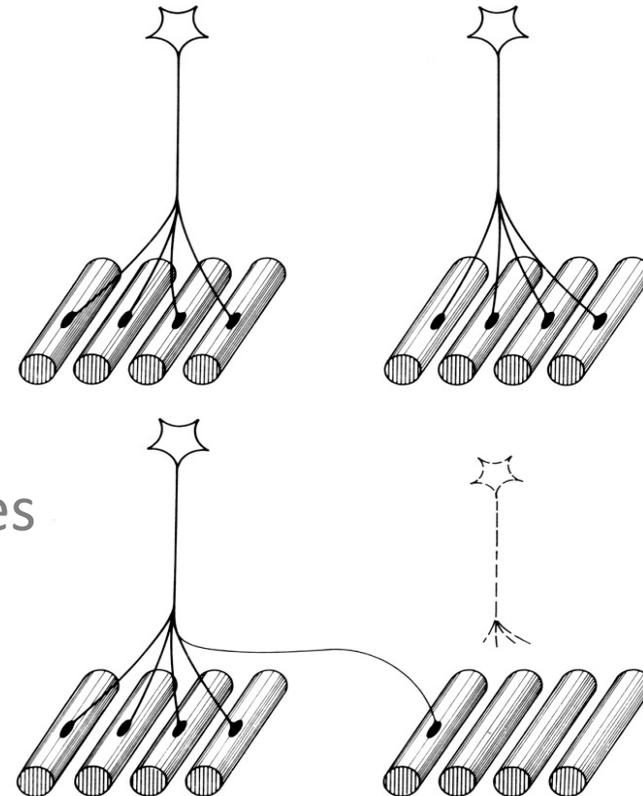
- Augmentation du recrutement temporel :  $> 20$  Hz
- Diminution du recrutement spatial

Effort maximal

TRACÉ INTERMÉDIAIRE

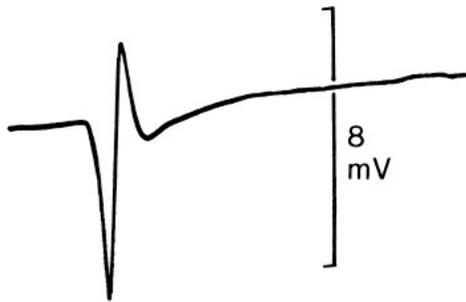


- Réinnervation collatérale  
**immature**  
PUMs polyphasiques instables



# EMG : perte axonale chronique

- ⊙ Augmentation du recrutement temporel :  $> 20$  Hz
- ⊙ Diminution du recrutement spatial
- ⊙ Réinnervation collatérale  
mature  
PUMs de gde amplitude :  $> 1500 \mu\text{V}$   
durée allongée :  $> 15$  ms

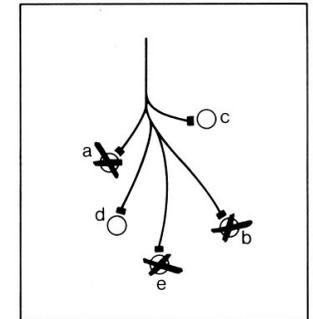
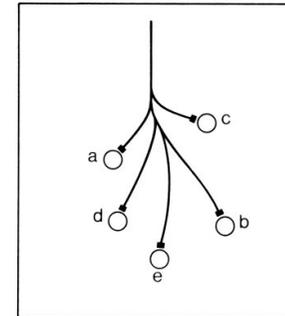


# EMG : myopathie

- Augmentation du recrutement temporel
- Augmentation du recrutement spatial

Effort modéré

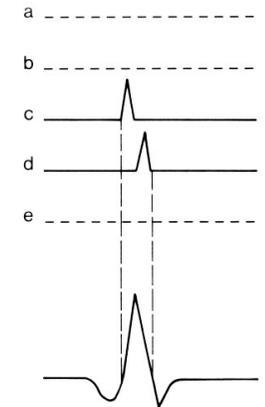
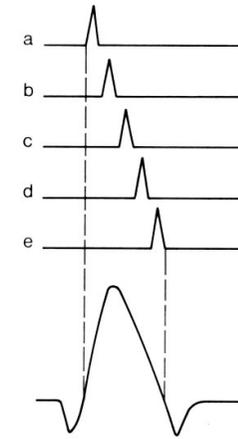
TRACÉ INTERMÉDIAIRE



- PUMs  
de petite taille :  $< 150 \mu\text{V}$   
durée diminuée :  $< 5 \text{ ms}$   
polyphasiques



inégalité de calibre  
des f.m.



# Atteinte périphérique

- ⊙ Ralentissement focal, segmentaire, multisegmentaire ou diffus de la conduction nerveuse et/ou motrice
- ⊙ B.C. moteur
- ⊙ Décrément ou incrément lors de la SNR
- ⊙ Réduction d'amplitude d'un ou plusieurs potentiels sensitifs
- ⊙ Tracés neurogènes ou myogènes
- ⊙ Myotonies

# Site lésionnel

- ① Atteintes diffuses symétriques
  - distale : PNP (**diabète**)
  - distale et proximale : PRNP (**CIDP**)
  - proximale : PRN et neuropathies (**SLA**)
- ① Atteintes multifocales
  - multineuropathies (**vascularite**)
- ① Atteintes monofocales
  - radiculaires (**sciatique**)
  - plexuelles (**Parsonage et Turner**)
  - tronculaires (**canal carpien**)
- ① Fibres motrices, sensibles, autonomes (RR, RCS)
- ① JNM (**myasthénie**)
- ① Muscle (**myopathie**)

# Sévérité

- ① Modérée, moyenne, sévère
- ① Subjectif : normes et expérience

# Évolutivité

- ◎ Sur base d'un seul examen, on ne peut établir l'évolutivité que des **pathologies à composante axonale motrice**
  - chronique (PNP)
  - subaigu (SLA)
  - aigu (lésion traumatique)
  
- ◎ Suivi longitudinal (effet d'un traitement)
  - des neuropathies sensitives
  - des neuropathies démyélinisantes
  - des atteintes de la transmission NM

# Pronostic

- ① Sévérité
- ① Evolutivité
- ① Pathophysiologie
- ① Distance entre le site lésionnel et les muscles à réinnerver
- ① Variabilité entre nerfs (apports sanguins, rôle fonctionnel...)
- ① Possibilités de reconstruction chirurgicale

# Technique ENMG

Les outils électrophysiologiques

Buts de l'exploration électrophysiologique

ENMG : matériel

Physiopathologie des atteintes du SNP

Conduction sensitive

Conduction motrice

Réponses tardives H et F

EMG

Contre-indications

# Contre-indications

## **Risque infectieux**

- traverser directement avec l'aiguille-électrode une peau ou une plaie infectée

## **Risque d'hématome**

- aucune contre-indication
- balance bénéfice/risque dans certaines situations particulières

Remarque : il est contre-indiqué de faire arrêter un traitement antithrombotiques avant une ENMG, car faisant courir au patient un risque plus grand que le risque d'hématome lié à la réalisation de l'EMG

## **Risque d'électrocution**

- brancher l'appareil d'ENMG à une prise ne comportant pas de broche reliée à la terre
- utiliser un matériel non conforme ou défectueux
- réaliser des stimulations électriques percutanées chez les patients porteurs d'un pacemaker externe

## **Risque de dysfonctionnement d'un appareillage implanté**

- pacemakers et défibrillateurs implantés : les stimuli intramusculaires ; les stimulations radiculaires cervicales ; les stimulations nerveuses répétitives au segment céphalique
- pacemakers à sonde monopolaire : les stimulations nerveuses répétitives proximales (nerfs axillaire et spinal accessoire) ; voire toute stimulation nerveuse percutanée à moins de 15 cm
- stimulation cérébrale profonde (et stimulation du nerf vague) : les stimulations au point d'Erb et les stimulations radiculaires cervicales