

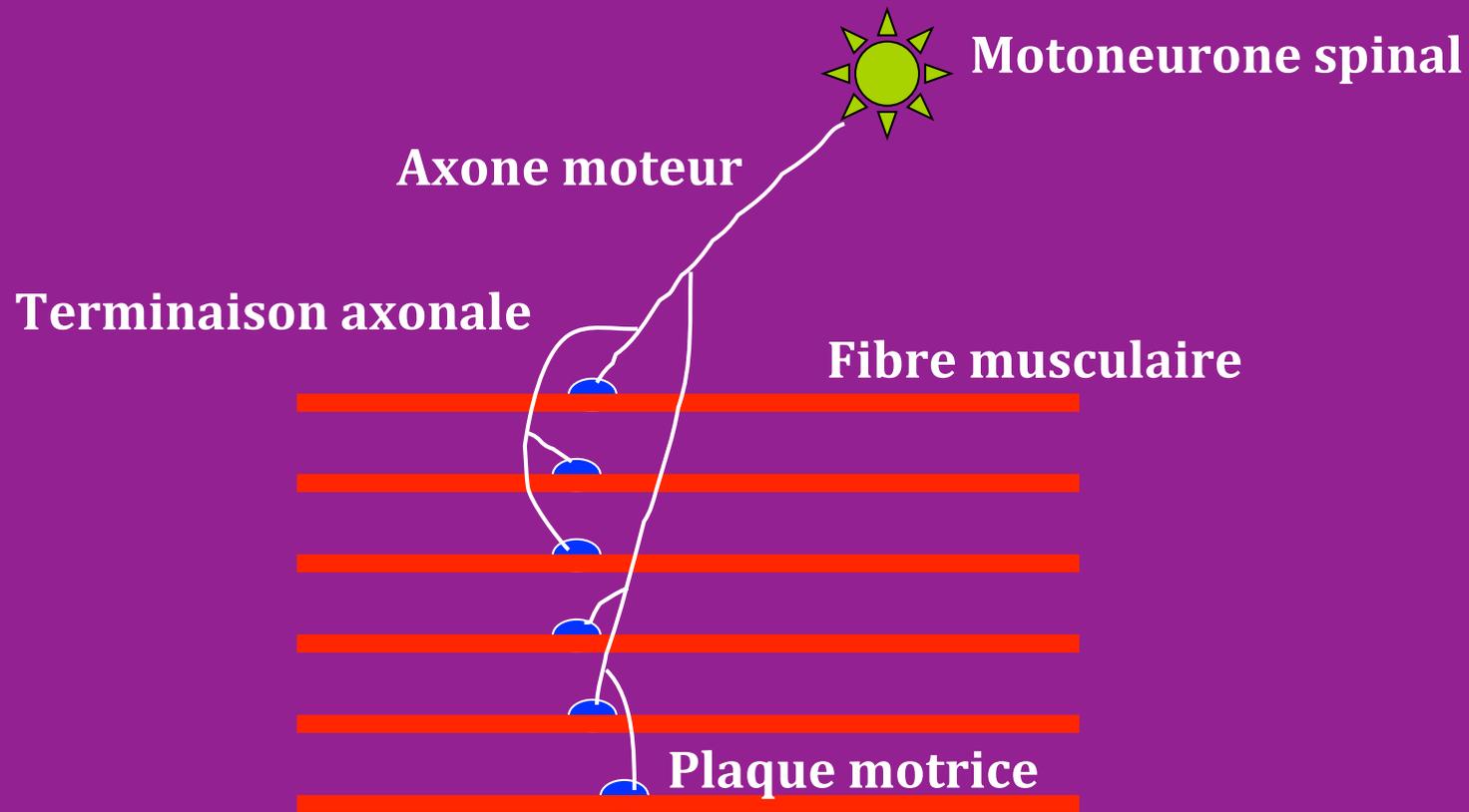
Electromyographie

Cours 1 : bases techniques

Cours 2 : EMG au repos

**Cours 3 : EMG lors de la
contraction volontaire**

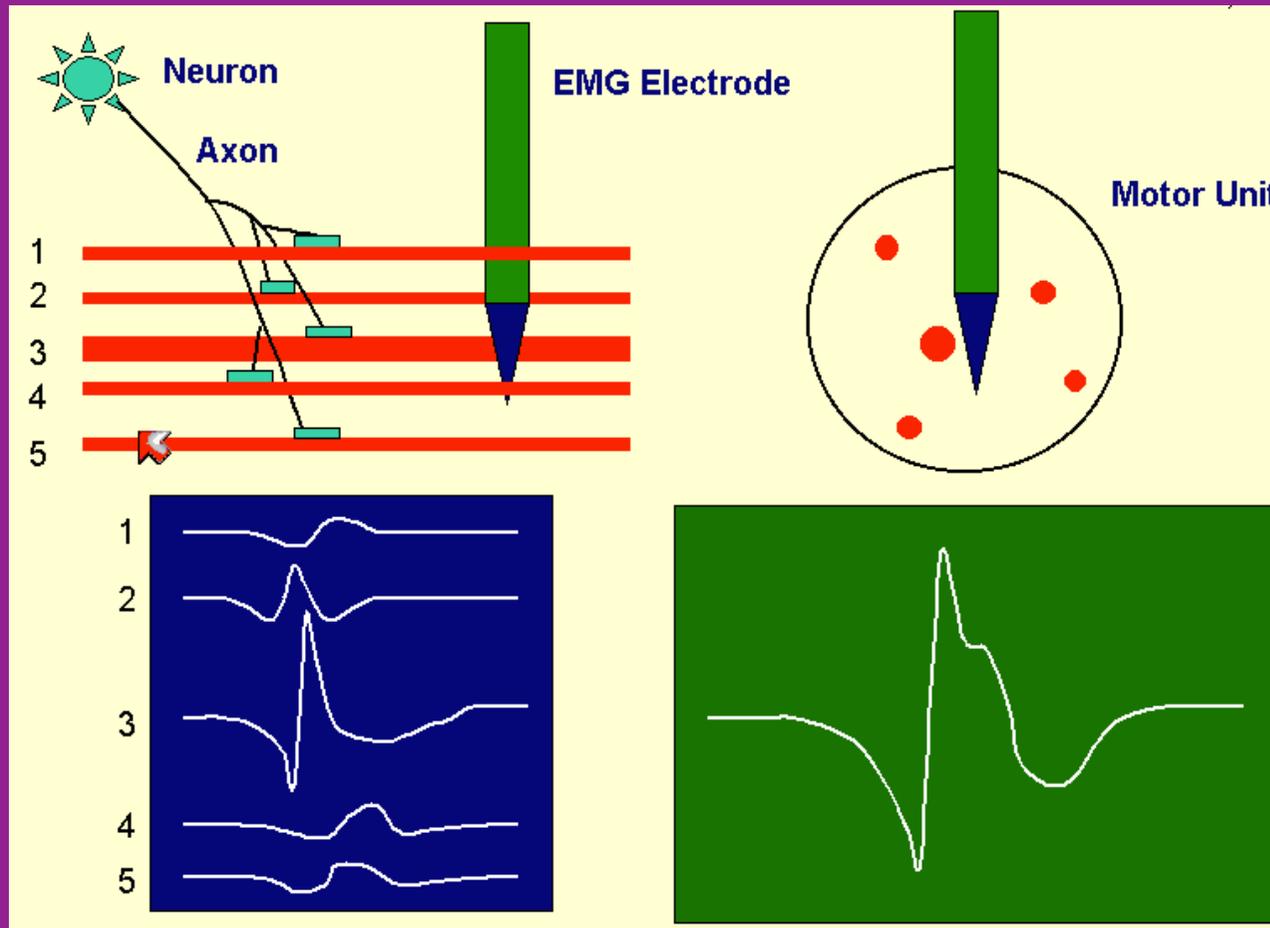
- Unité motrice (UM) : **Sherrington, 1929**
- Le principe de l'aiguille concentrique : **Adrian & Bronk, 1929**



L'unité motrice

■ Le potentiel d'unité motrice : PUM

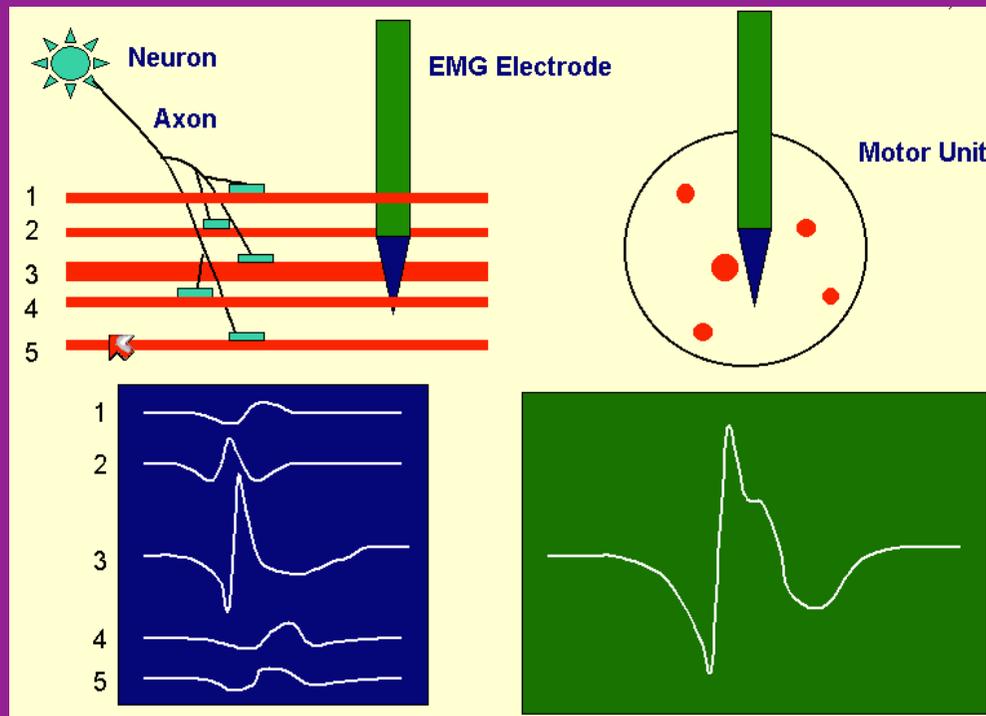
- sommation des potentiels de fm + dispersion temporelle



L'unité motrice

■ Dispersion temporelle

- variabilité de la **conduction axonale**
- variabilité de la **transmission neuromusculaire**
- variabilité de la conduction musculaire (**distance** variable entre la plaque motrice et l'aiguille + variabilité du **diamètre** des fm)



■ Morphologie du PUM

- nombre de fm
- distribution des fm
- taille des fm
- localisation des
plaques motrices
- innervation terminale

L'unité motrice

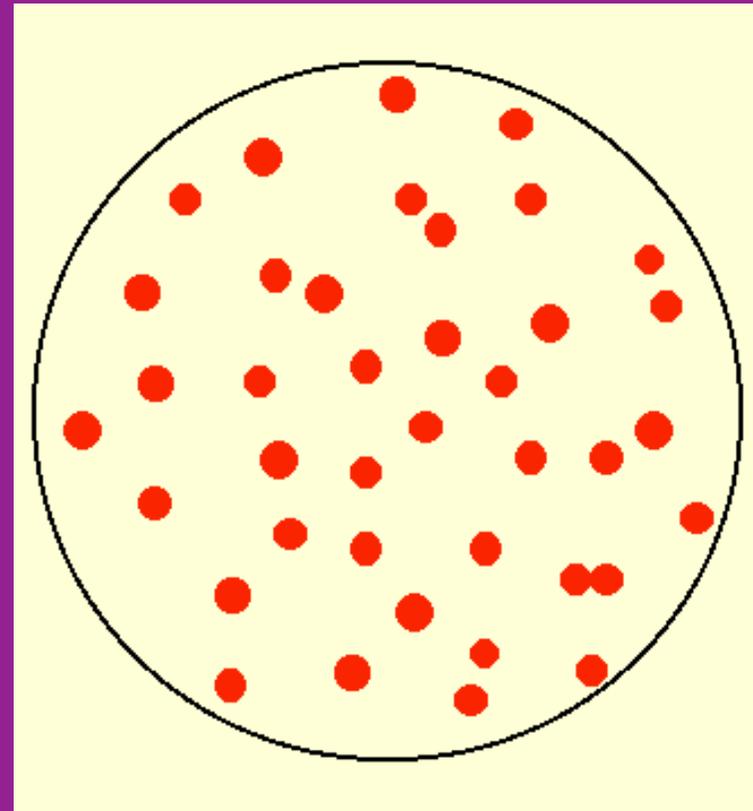
■ La distribution des fibres musculaires

(Edstrom & Kugulberg, 1968 ; Stålberg & Trontelj, 1994)

- au hasard
- $> 300 \mu\text{m}$ entre 2 fm d'1 UM

■ Vitesse de propagation des fm (Stålberg)

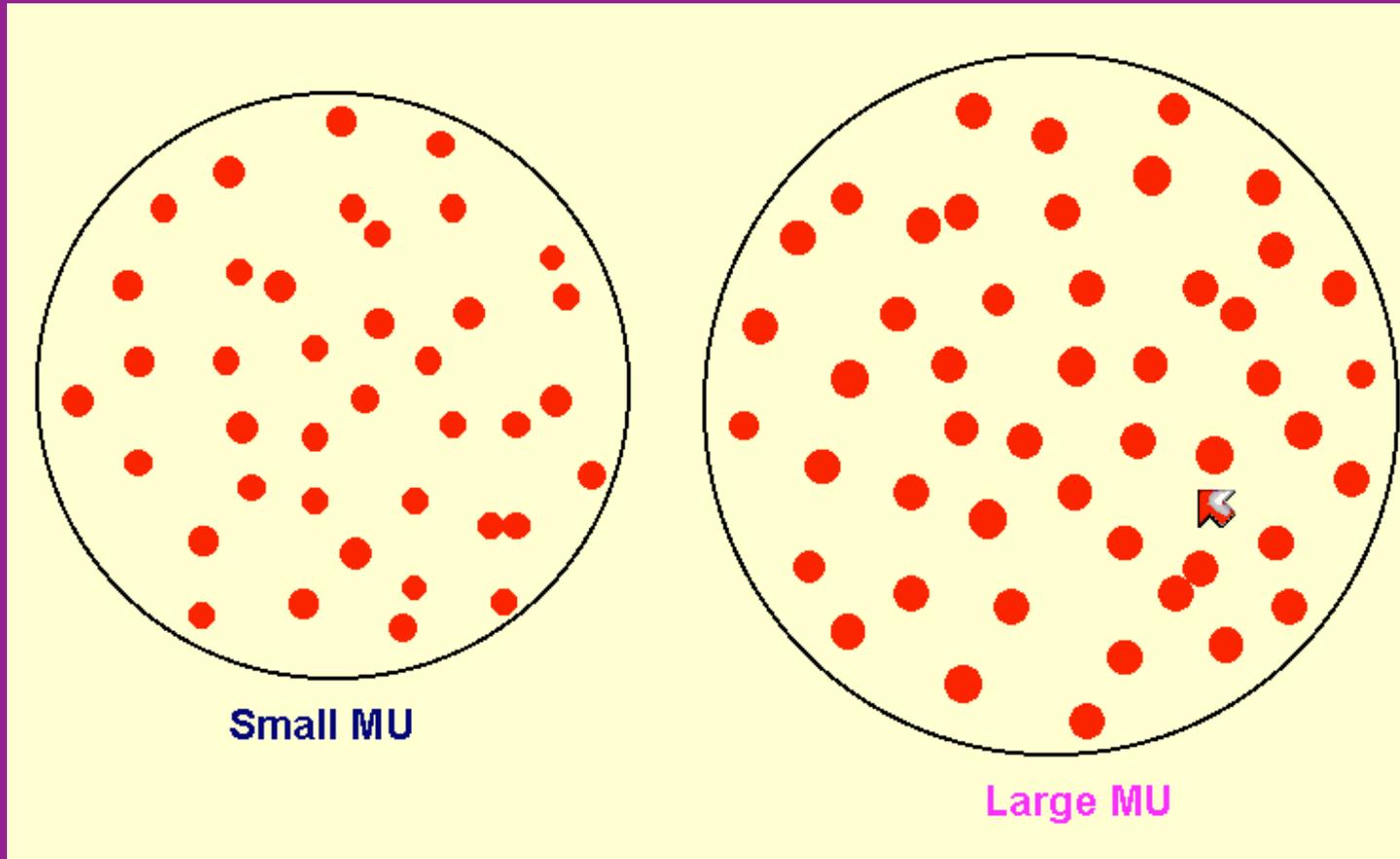
- $2,2 + 0,05$ (diamètre - 20) m/s
- varie en fonction de la fréquence de décharge de l'UM



■ **Le nombre et la taille des unités motrices
(Feinstein *et al*, 1955)**

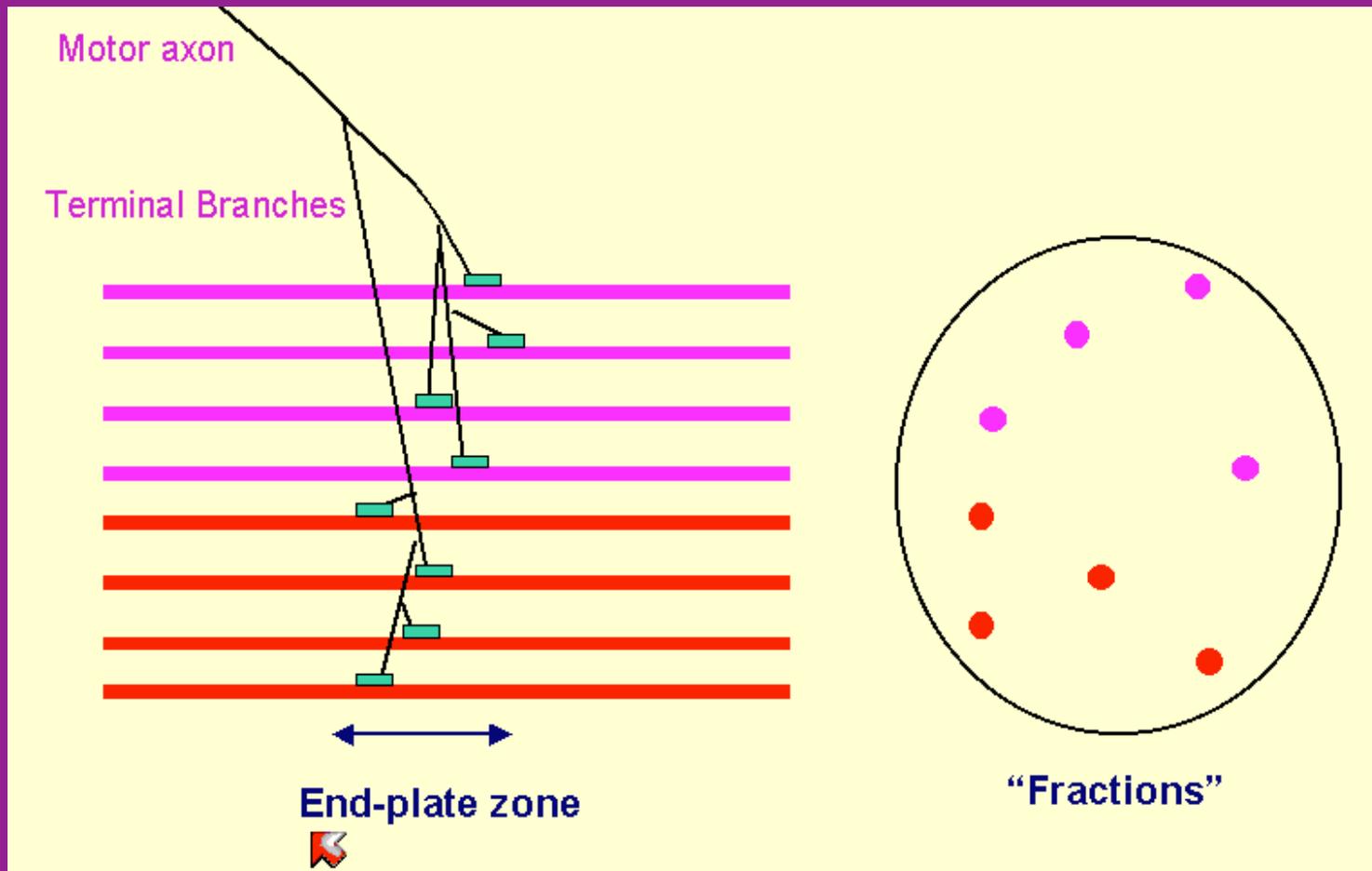
| Muscle | Nombre d'UM | Nombre de fm/UM | Diamètre des fm (μm) |
|------------------|-------------|-----------------|--------------------------------------|
| Platysma | 1096 | 25 | 20 |
| 1er lombrical | 98 | 107 | 21 |
| 1er IO | 119 | 340 | 26 |
| Brachioradialis | 315-350 | > 410 | 34 |
| Tibial antérieur | 445 | 562-657 | 57 |
| Gastrocnemius | 579 | 1634-1934 | 54 |

■ **Le territoire des unités motrices**
(Stålberg & Dioszeghy, 1991)



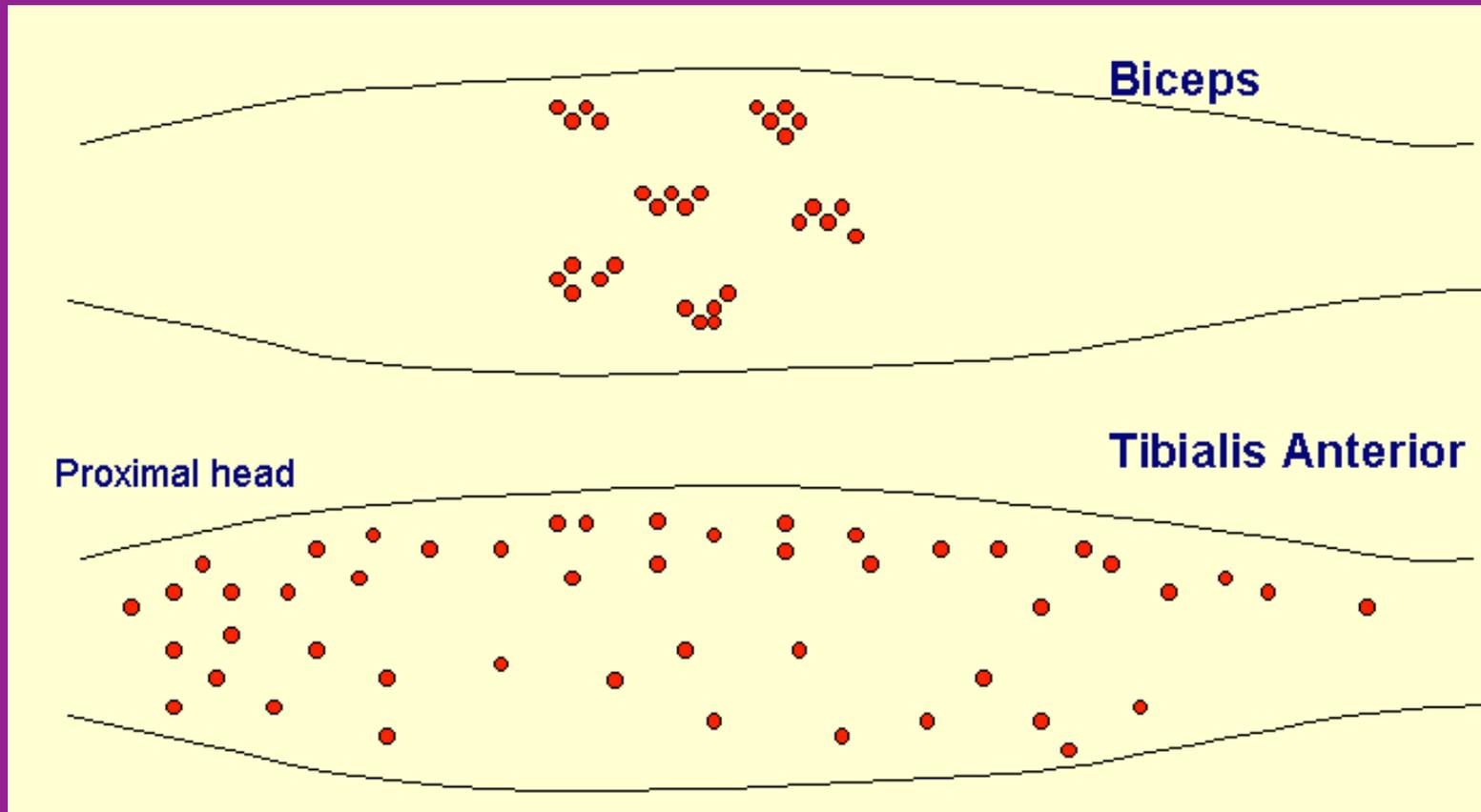
L'unité motrice

■ **Innervation terminale**
(Stålberg & Antoni, 1980)



L'unité motrice

■ Zone des plaques motrices
(Aquilonius *et al*, 1984)



L'unité motrice

■ Différents types métaboliques de fm (Burke, 1980)

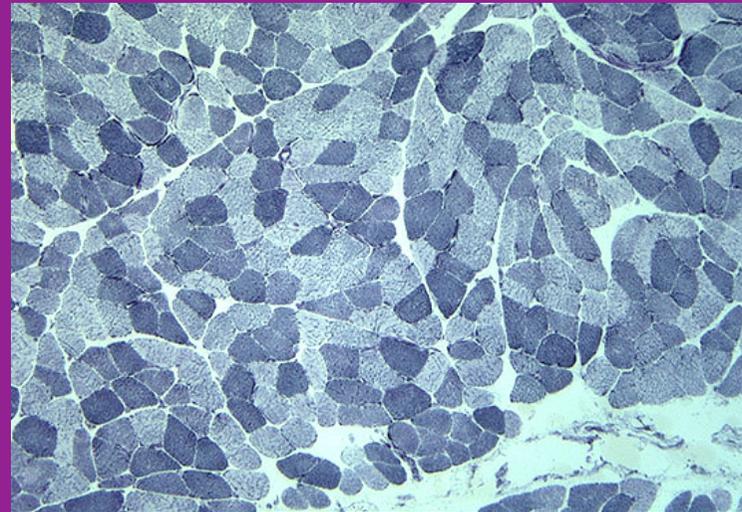
- Type I : résistante à la fatigue
- Type IIB : non résistante à la fatigue
- Intermédiaire

■ 1 UM contient un seul type de fm

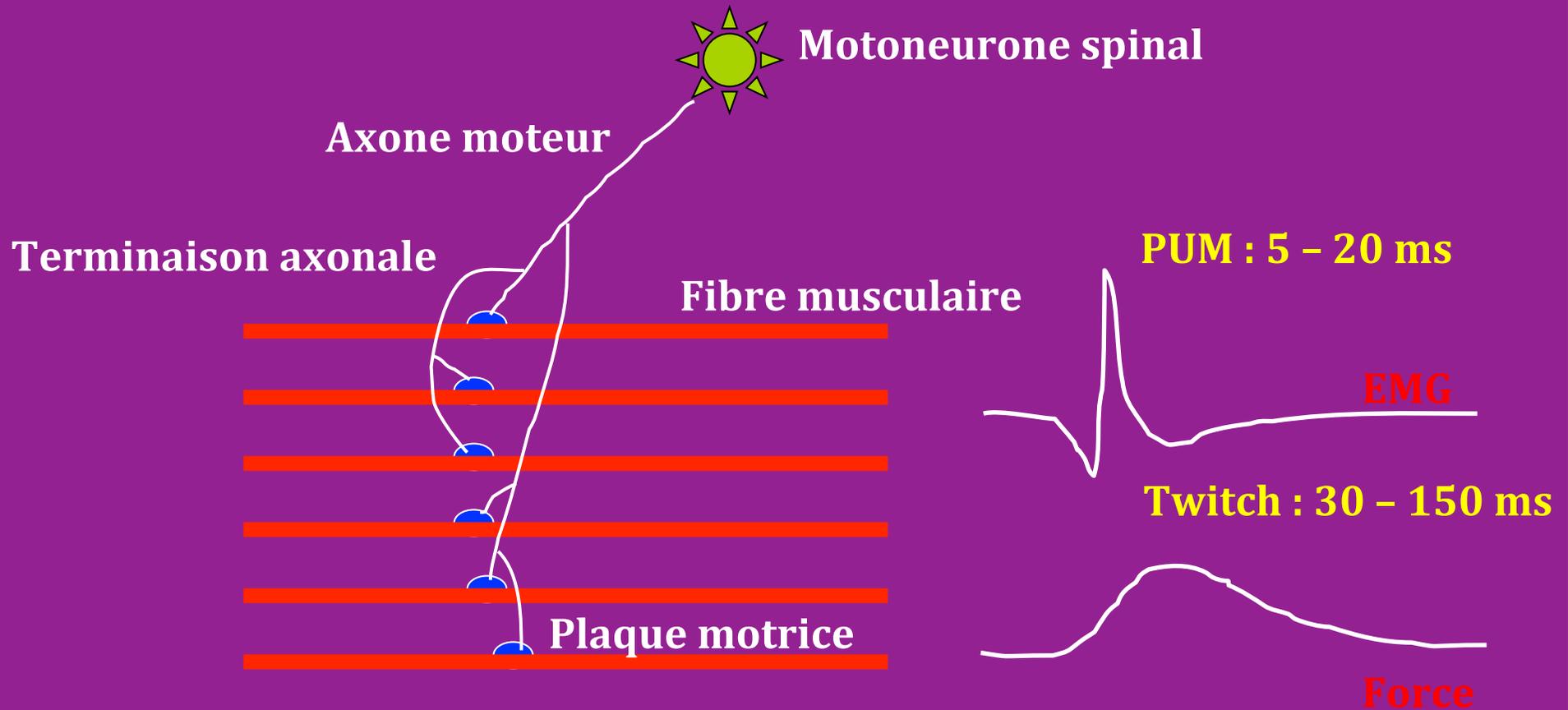
■ Les UM de type I sont activées pour des efforts modérés

Les UM de type IIB sont activées pour des efforts importants

■ Sur le plan histologique
(biopsie musculaire) :
les fm des différents types
sont distribuées au hasard



Lors de la contraction musculaire volontaire, l'EMG étudie la traduction électrique de l'activation des motoneurones spinaux



Le PUM précède de 30 à 100 ms le sommet du *twitch*

L'unité motrice

■ Petites unités motrices (I)

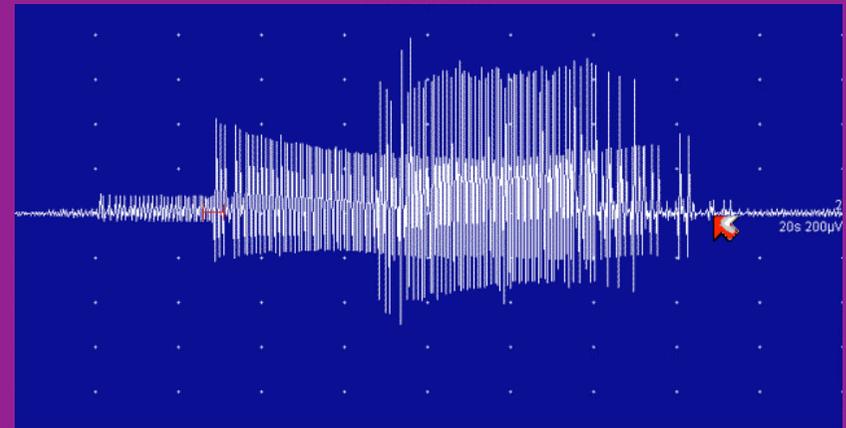
- les plus nombreuses
- résistantes à la fatigue

■ Grandes unités motrices (IIB)

- peu nombreuses
- non résistantes à la fatigue

■ *The size principle* (Henneman E, 1957)

- lors d'un effort croissant de contraction musculaire :
 1. les UM sont recrutées en fonction de leur taille
 2. les petites UM en premier
 3. les grandes UM en dernier
- lors de la relaxation musculaire
 4. les grandes UM sont mises au repos en premier...



■ Myopathies

- perte de fibres musculaires (fm) fonctionnelles
- réduction de la taille des unités motrices (UM) -> **PUM d'amplitude et de durée réduites**
- nombre d'UM inchangé ou subnormal
- fm de diamètre variable -> **PUM polyphasiques**

■ Neuropathies

- dénervation musculaire -> perte d'UM -> **tracés appauvris**
- réinnervation musculaire -> augmentation de la taille des UM -> **PUM polyphasiques** et **instables** (réinnervation débutante), **PUM d'amplitude et de durée augmentées** (réinnervation plus ancienne)

■ **Atteinte centrale**

- défaut central d'activation des UM -> réduction du nombre d'UM fonctionnelles -> **tracés appauvris** et réduction **de la fréquence de décharge**
- PUM de morphologie normale

■ **Bloc de conduction**

- défaut périphérique d'activation des UM -> réduction du nombre d'UM fonctionnelles -> **tracés appauvris** (fréquence de décharge normale ou augmentée)

■ **Démyélinisation**

- nombre normal d'UM
- morphologie normale des PUM

■ Trouble de la transmission neuromusculaire

- bloc permanent : perte en fm fonctionnelle -> **augmentation du nombre d'UM de petite taille**
- bloc intermittent : **PUM instable**
- nombre normal d'UM

Taille des UM -> amplitude et durée des PUM

Nombre d'UM -> richesse des tracés volontaires

Architecture des UM -> polyphasiques (réinnervation débutante ou variabilité du diamètre des fm) et instabilité de la morphologie (réinnervation débutante ou trouble de transmission neuromusculaire)

Fréquence de décharge des UM

■ Début de la contraction volontaire

- une seule UM est recrutée
- fréquence de décharge : 7 Hz



Analyse du tracé d'interférence

■ Légère augmentation de la force...

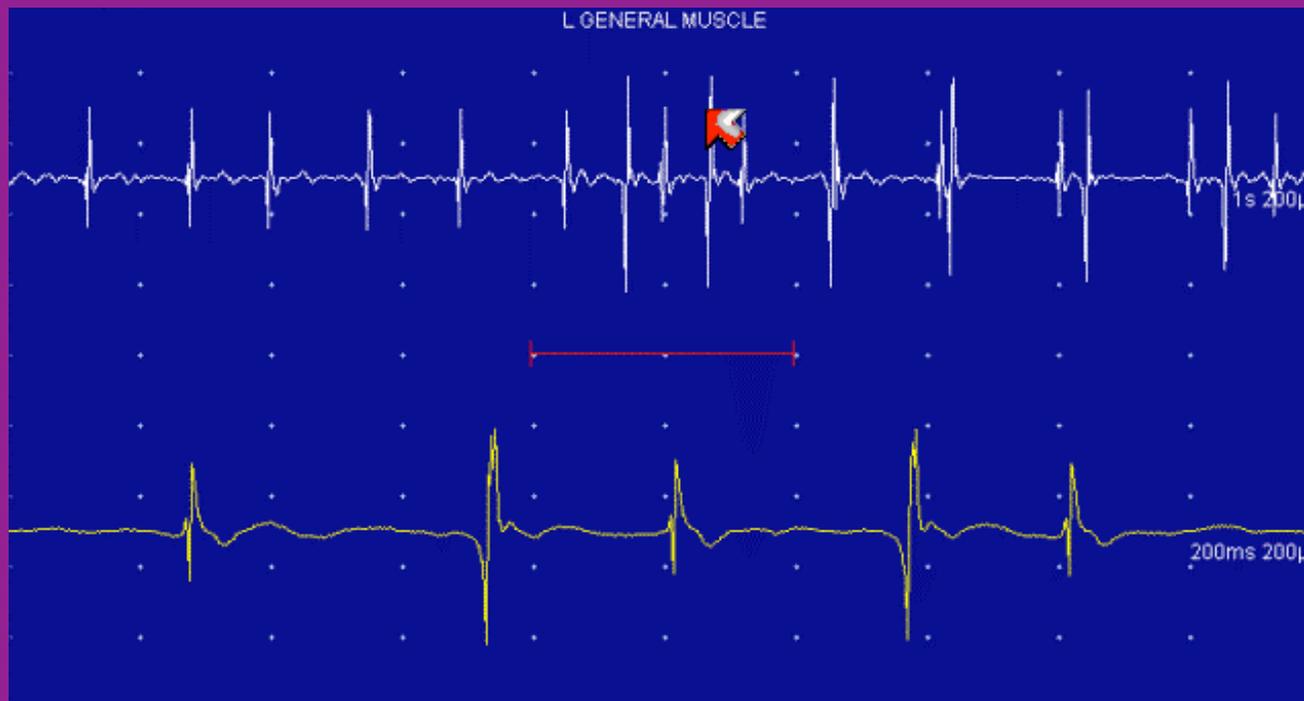
- une seule UM est recrutée
- fréquence de décharge : 12 Hz = **recrutement temporel**



Analyse du tracé d'interférence

■ Légère augmentation de la force...

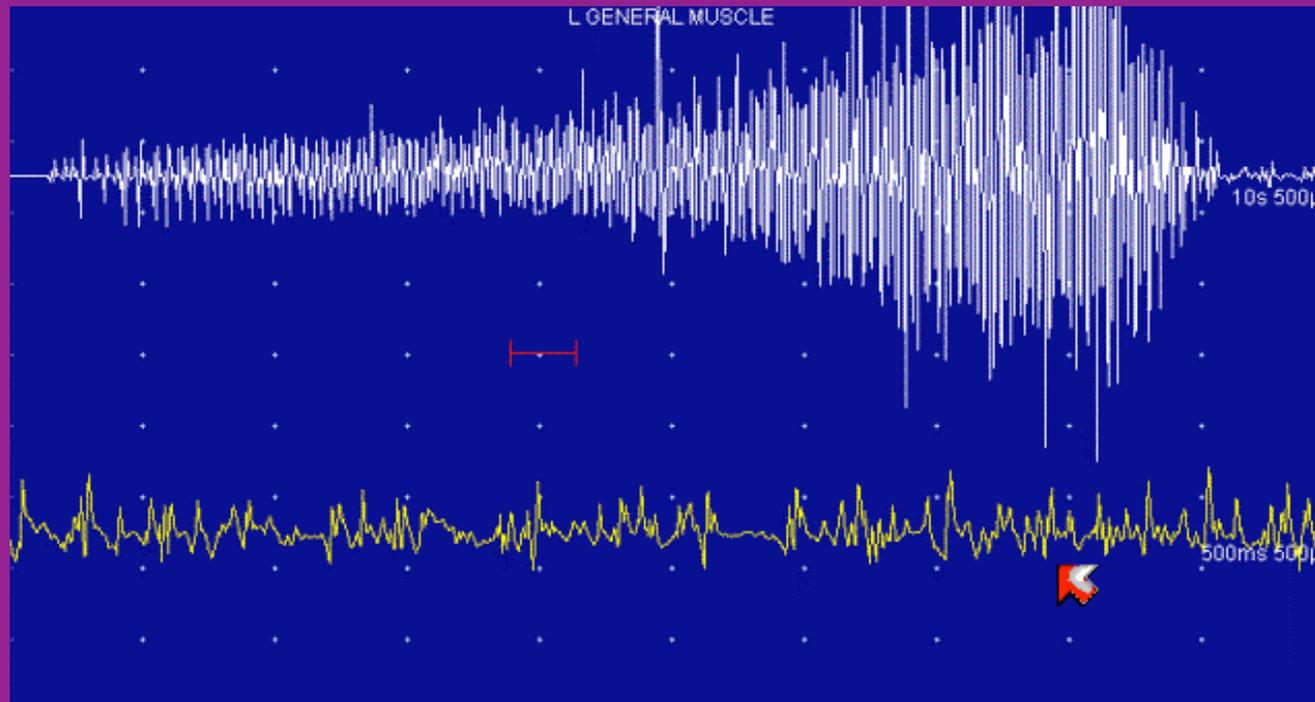
- 2 UM sont recrutées = **recrutement spatial**
- la taille du second PUM est plus grande :
 - * les fm sont plus proches de l'électrode-aiguille
 - * (UM2 plus grande que UM1)



Analyse du tracé d'interférence

■ Légère augmentation de la force...

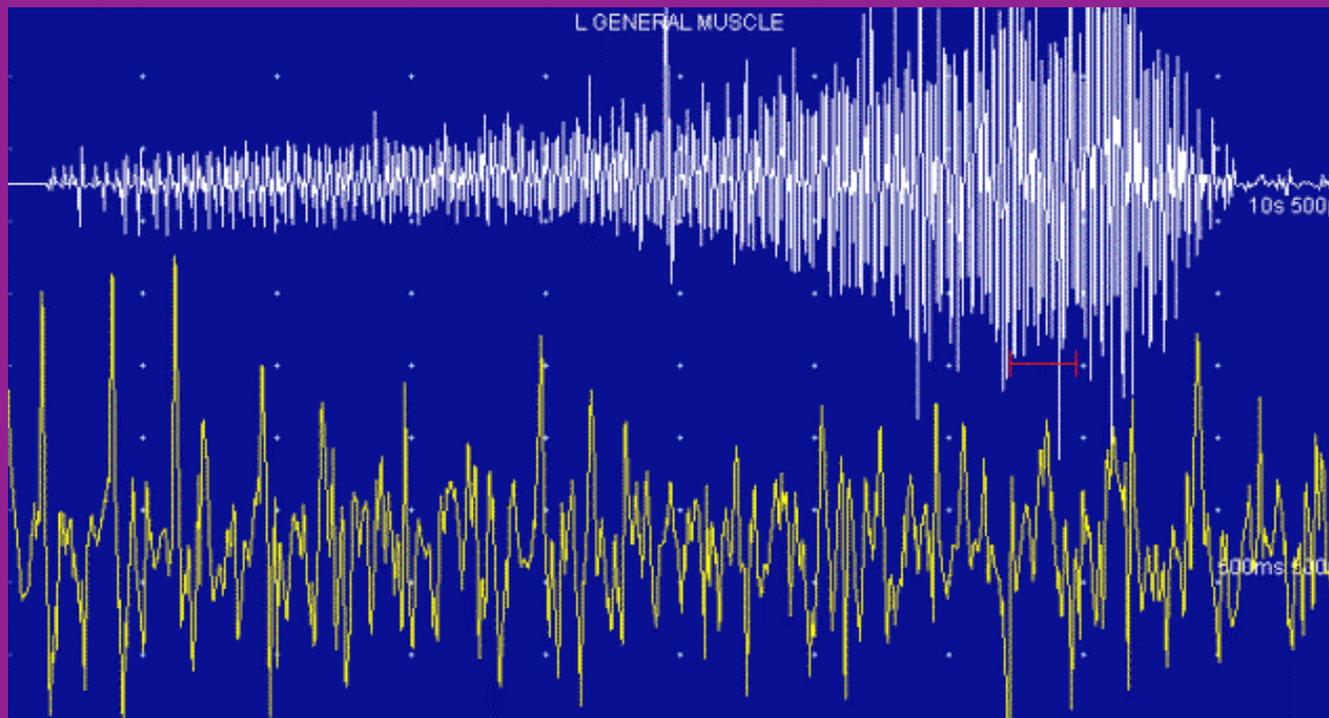
- augmentation du recrutement spatial et temporel
- le signal est riche en hautes fréquences : **son aigu**



Analyse du tracé d'interférence

■ Légère augmentation de la force...

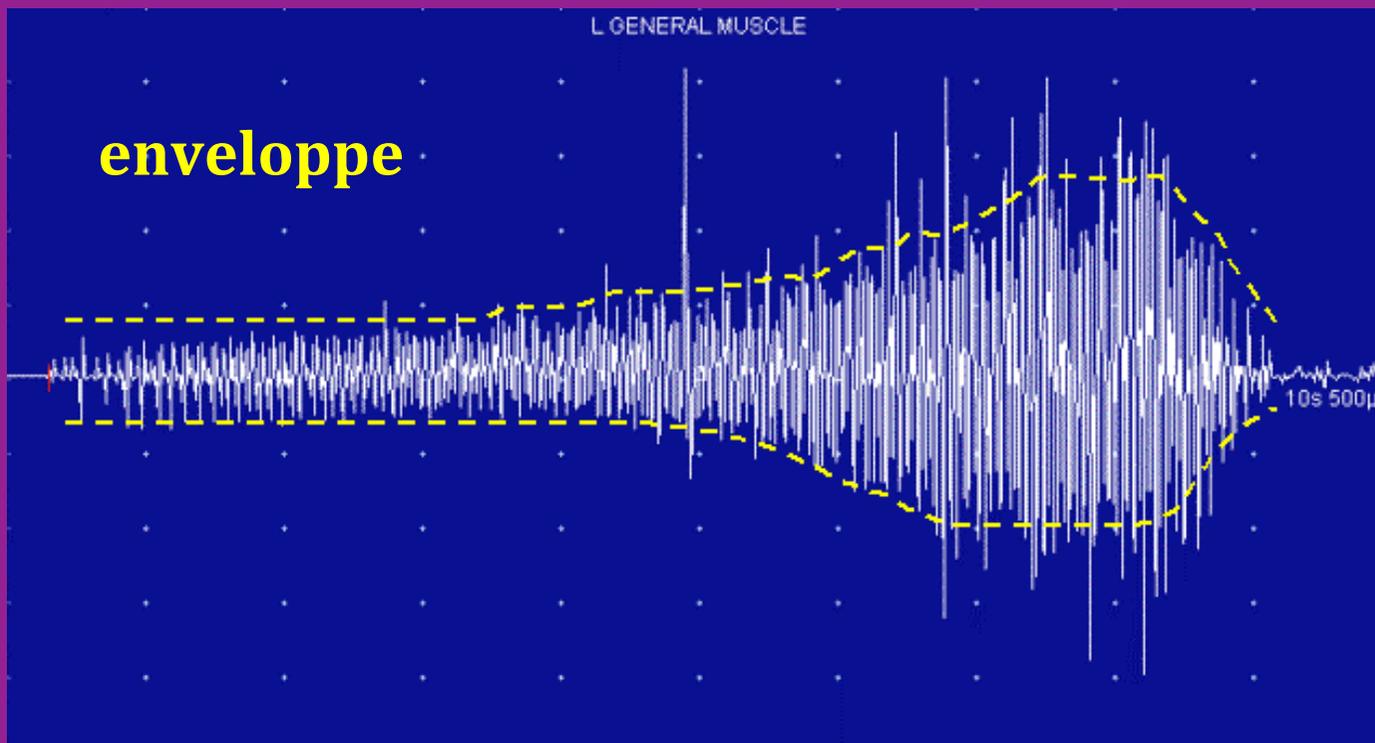
- augmentation du recrutement spatial et temporel -> **tracé interférentiel**
- le signal est moins riche en hautes fréquences : **son + sourd**



Analyse du tracé d'interférence

■ Augmentation d'amplitude du tracé d'interférence

- activation d'UM proches de l'électrode-aiguille
- activation d'UM de plus grande taille (Henneman)
- sommation de PUM qui pulsent de façon synchrone



■ **Fréquence de décharge moyenne** (20 PUM)

- varie en fonction de la force développée
= **recrutement temporel**
- varie en fonction du muscle

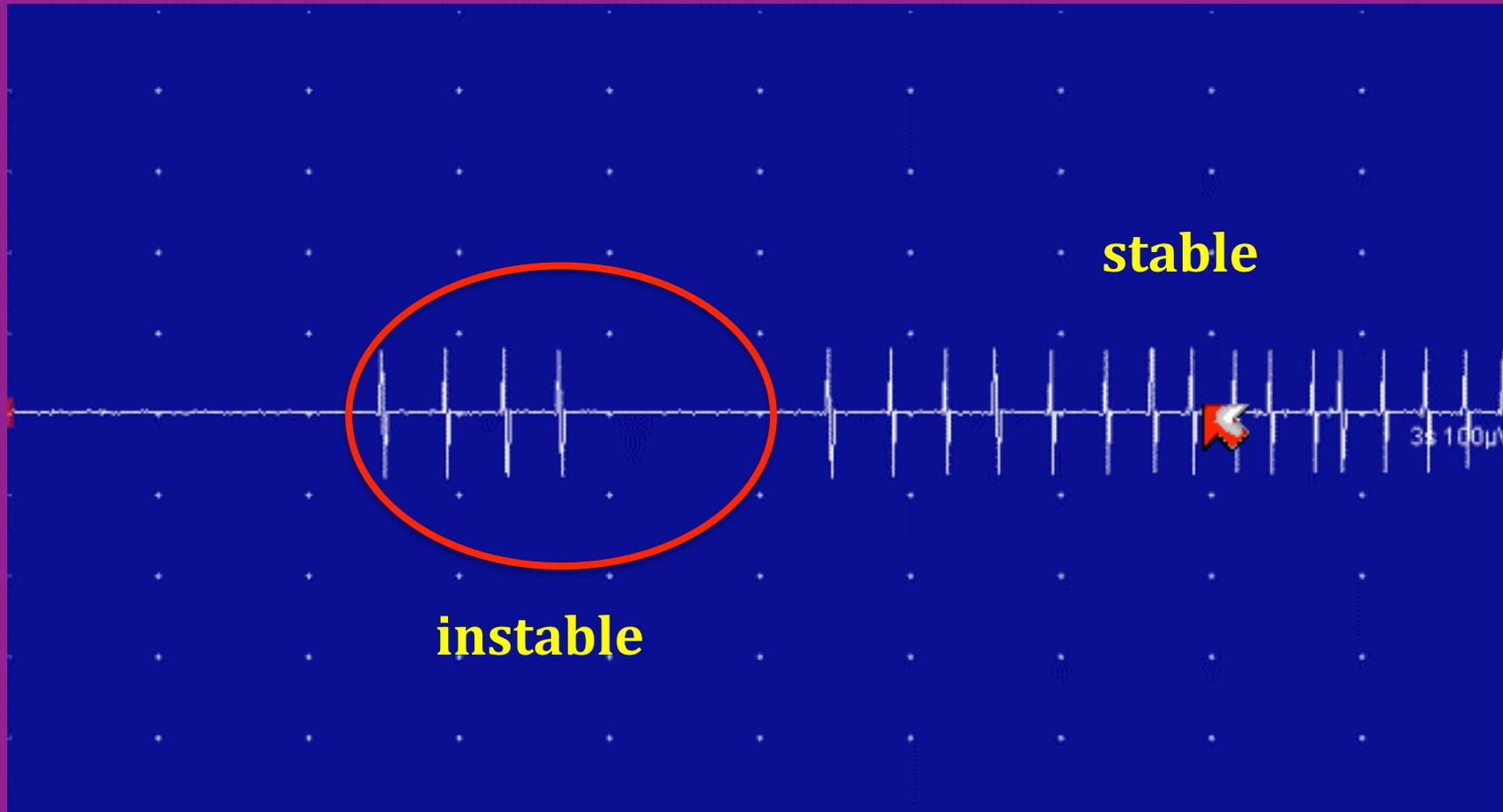
| Muscle | Seuil de contraction | 10% Force maximale | 30% Force maximale |
|------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| Biceps | 10,2 ± 1,2 | 12,5 ± 1,3 | 15,7 ± 1,7 |
| Triceps | 9,1 ± 1,4 | 10,2 ± 1,4 | 12,6 ± 2,0 |
| Tibial antérieur | 7,8 ± 1,0 | 9,2 ± 1,3 | 11,5 ± 1,7 |

Dorfman et al, 1989

- augmente dans les neuropathies et les myopathies
- diminue dans les atteintes centrales

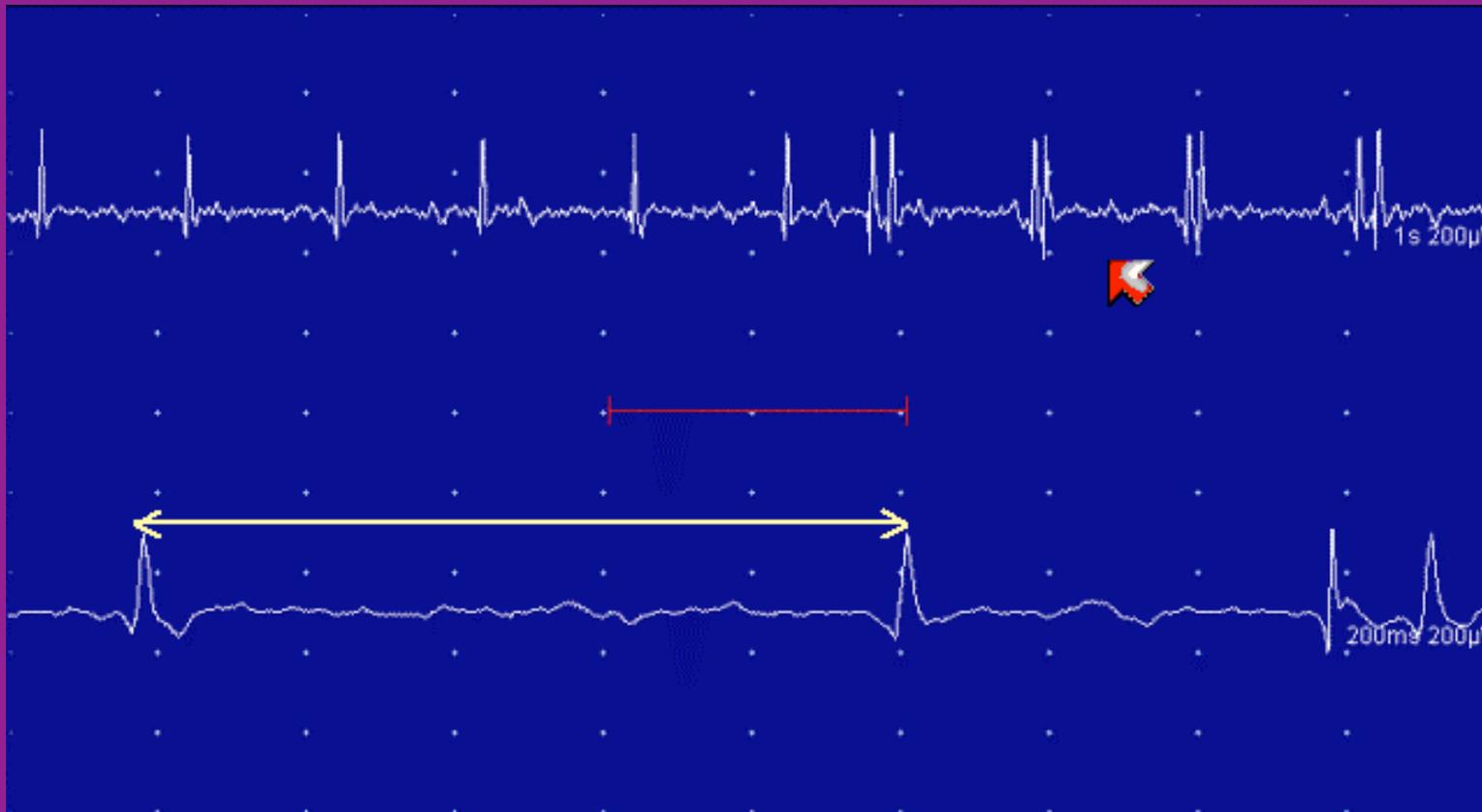
■ **Fréquence (Hz) ou intervalle (ms) initial**

- une seule UM commence à être recrutée de façon stable



■ **Fréquence (Hz) ou intervalle (ms) de recrutement**

- une seconde UM commence à être recrutée
- intervalle = **100 ms** ; fréquence = **10 Hz**



Analyse du tracé d'interférence

■ Intervalle initial et intervalle de recrutement

- varie en fonction du muscle

| Muscle | Intervalle initial (ms) | Intervalle de recrutement (ms) |
|------------------|-------------------------|--------------------------------|
| Facial | 86 ± 29 | 40 ± 16 |
| 1er IO | 142 ± 39 | 98 ± 21 |
| Biceps | 124 ± 21 | 86 ± 14 |
| Tibial antérieur | 124 ± 26 | 90 ± 13 |
| Gastrocnemius | 156 ± 29 | 110 ± 23 |

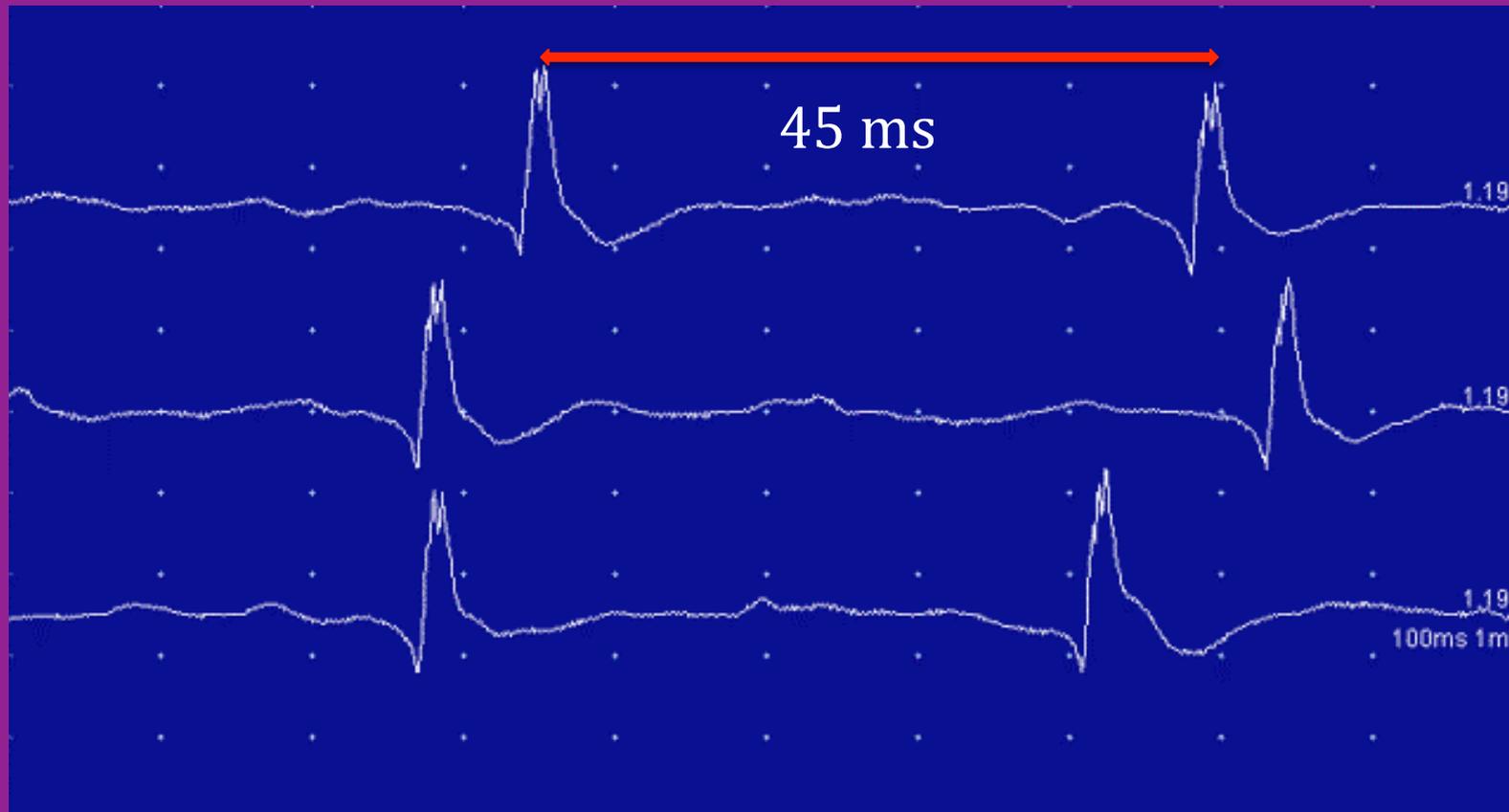
LN =
60 ms

Petajan & Philipps, 1969

- intervalle de recrutement de **60 ms** = 16 Hz (**50 ms = 20 Hz**)
- pour la plupart des muscles la fréquence de recrutement est comprise entre **9-13 Hz**
- une UM isolée qui décharge **≥ 15 Hz** = UM « Outlier »

■ Intervalle et fréquence initial (neuropathie)

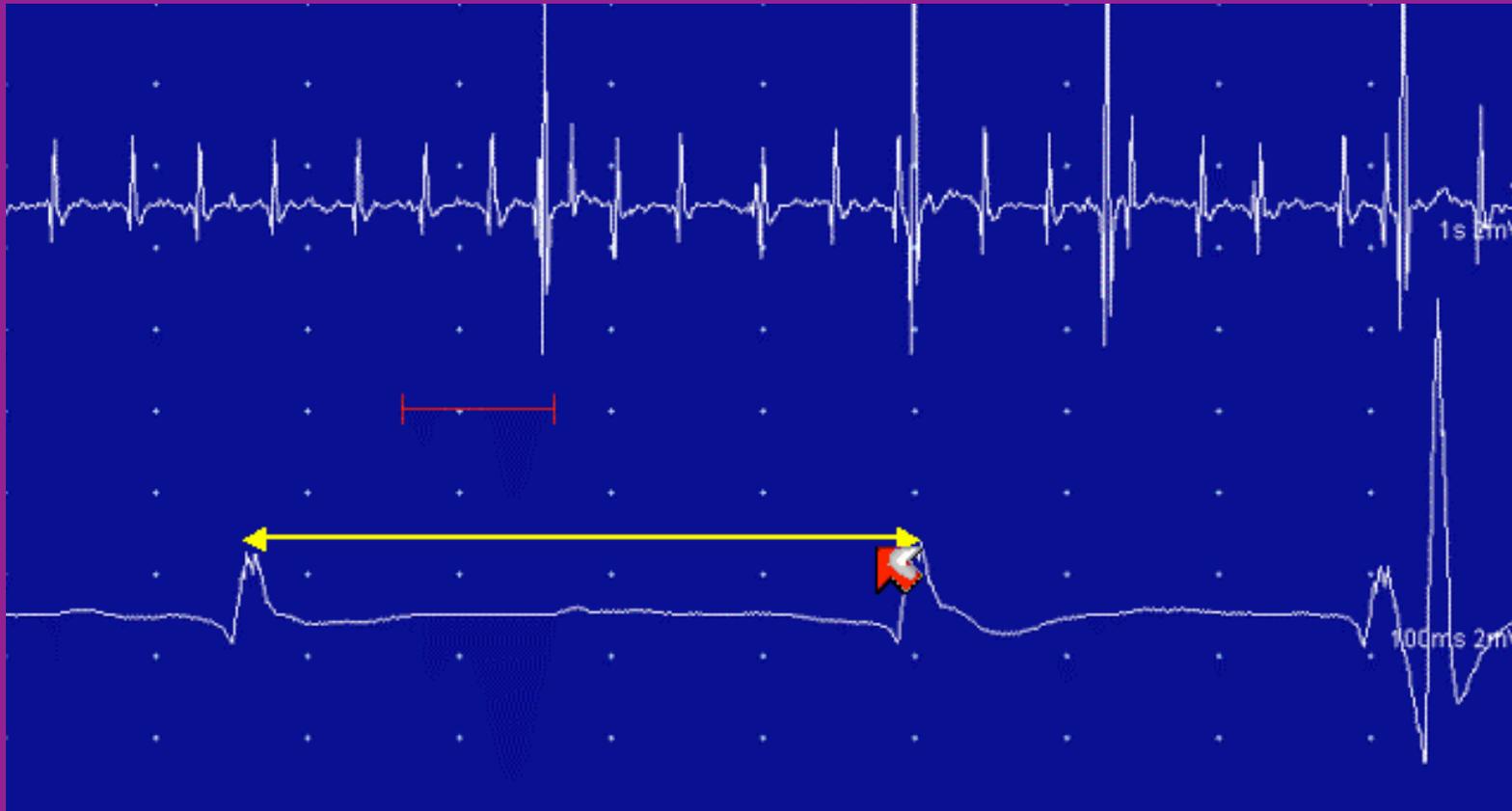
- intervalle initial < 50 ms
- fréquence initiale > 20 Hz



Analyse du tracé d'interférence

■ Intervalle et fréquence de recrutement (neuropathie)

- intervalle de recrutement = 45 ms
- fréquence de recrutement = **22 Hz**



Analyse du tracé d'interférence

■ Fréquence de décharge en pratique

- coopération du patient
- difficile dans les myopathies
- quand l'effort est sous-maximal :
 - * fréquence de recrutement normale (9-13 Hz) -> normal
 - * fréquence de recrutement augmentée (20 Hz) -> patho
- base de temps utile : 1 seconde ou 100 ms

■ *Recruitment ratio (Daube, 1991)*

fréquence de décharge maximale

$$\text{RR} = \frac{\text{fréquence de décharge maximale}}{\text{nombre d'UM activées}} \leq 5$$

- 3 UM activées pour démontrer que le RR est normal
- 2 UM suffisent pour démontrer que le RR est patho



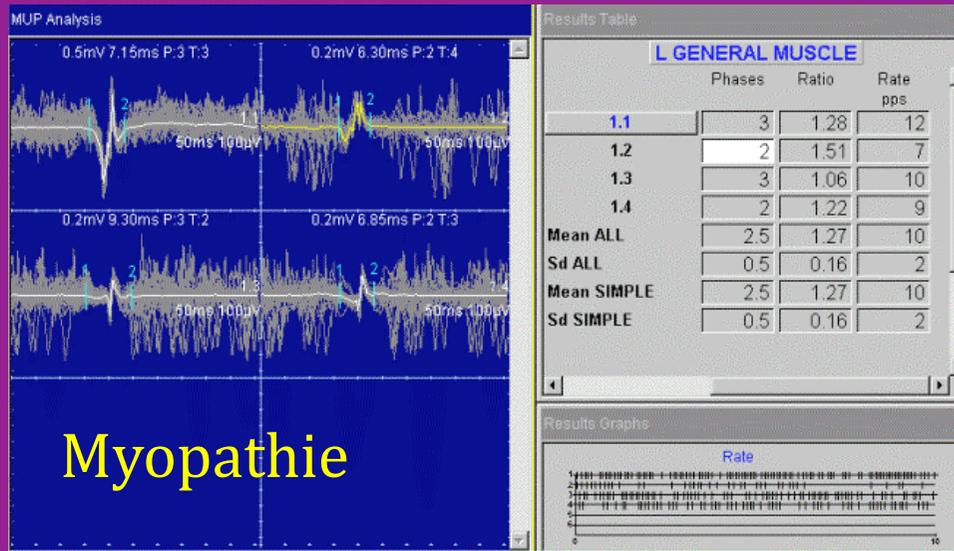
3 UM

Fréquence max = 10 Hz

RR = **3,3**

Analyse du tracé d'interférence

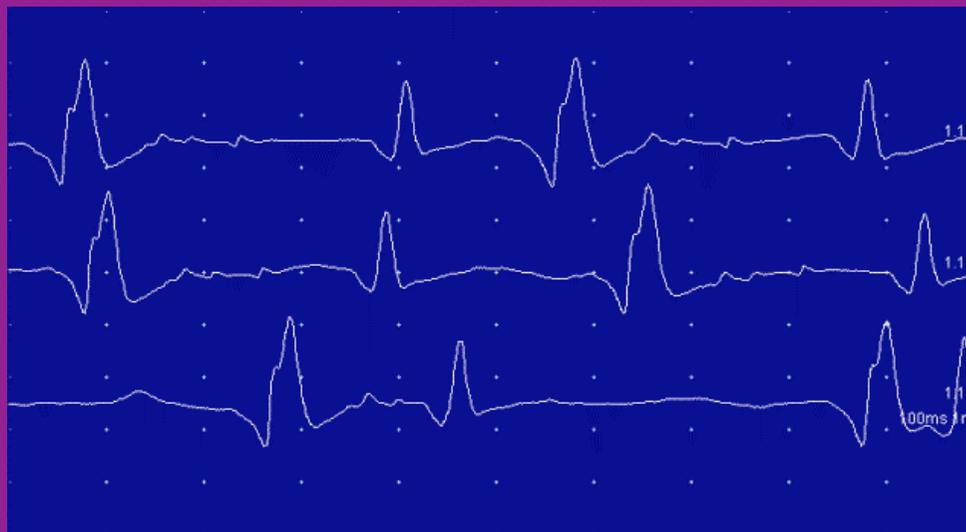
Recruitment ratio (Daube, 1991)



4 UM

Fréquence max = 12 Hz

RR = **3**



2 UM

Fréquence max = 20 Hz

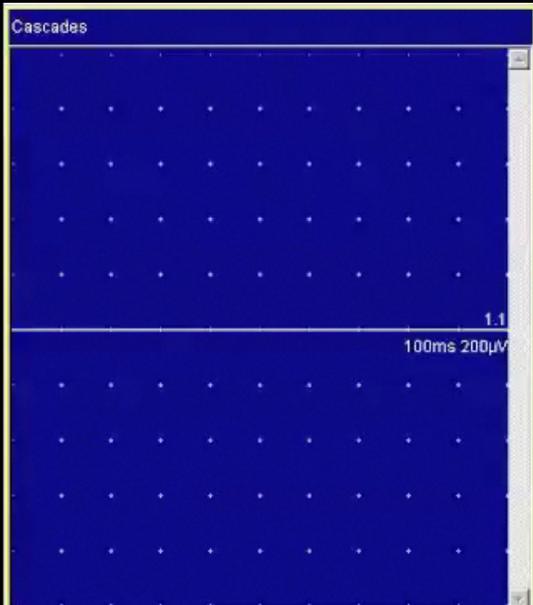
RR = **10**

Analyse du tracé d'interférence

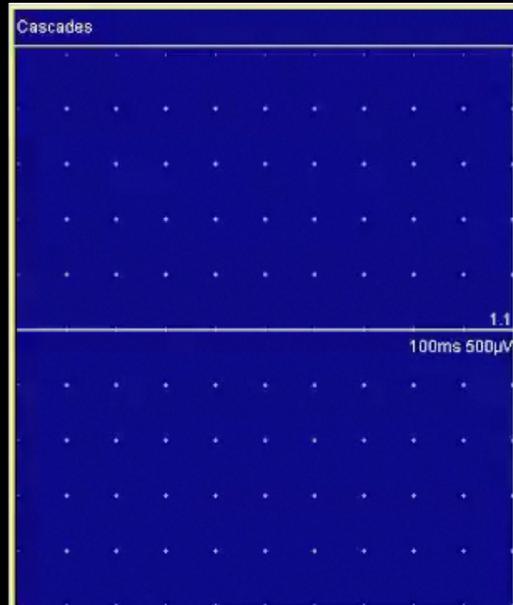
Recruitment ratio (Daube, 1991)



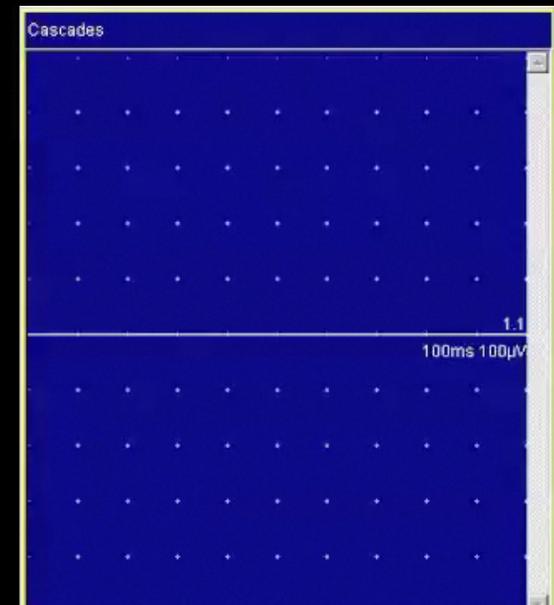
Analyse du tracé d'interférence



- biceps
- normal
- 10 ms/D
- 200 μ V/D
- 2 PUM
- IR = 80 ms
- FR = 12,5 Hz
- RR : non mesurable



- biceps
- **neuropathie**
- 10 ms/D
- 500 μ V/D
- 2 PUM
- IR = 50 ms
- FR = 20 Hz
- RR = 10
- myokymie



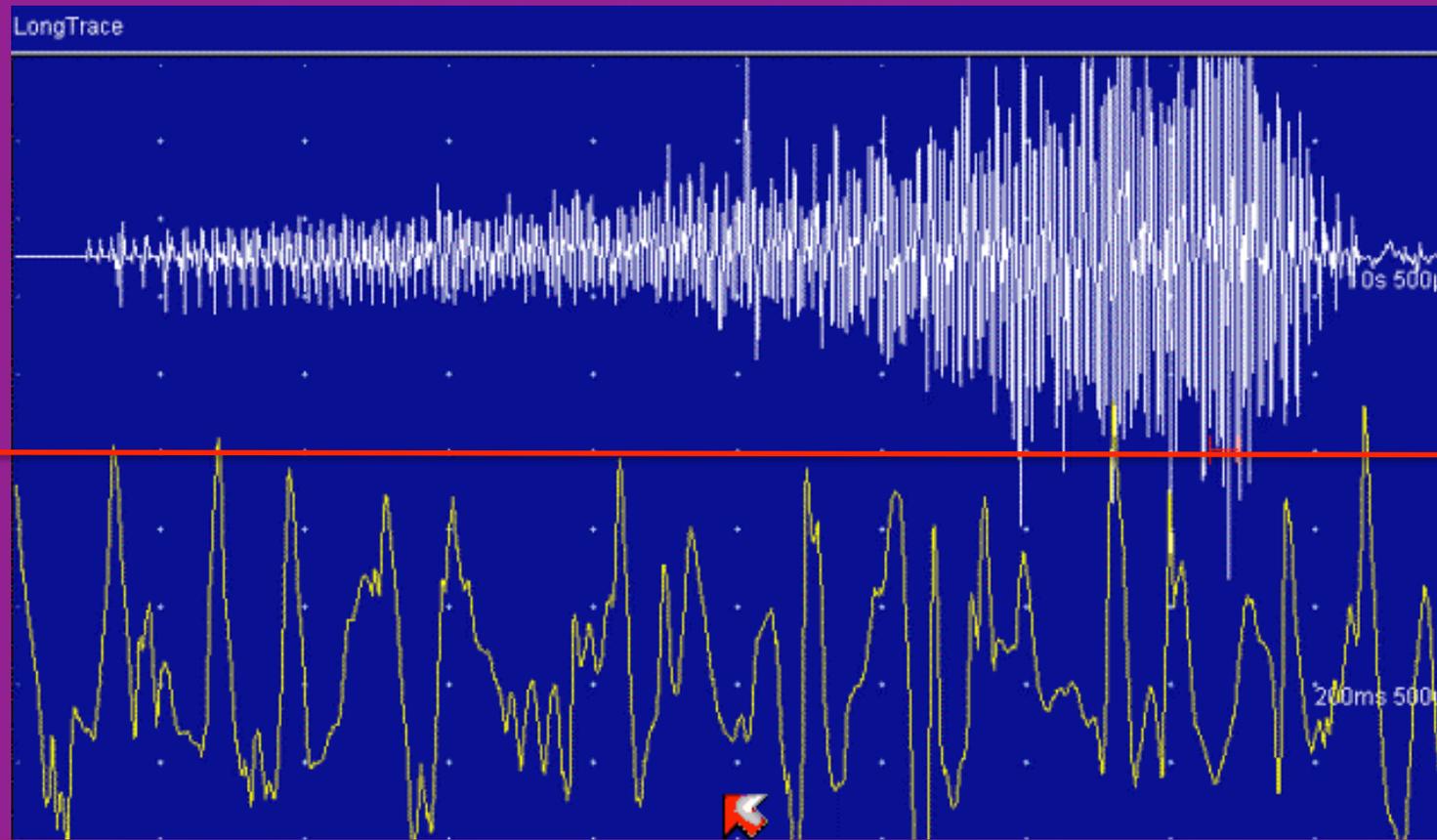
- biceps
- **myopathie**
- 10 ms/D
- 100 μ V/D
- 4 PUM
- PUM fins
- fréquence de décharge < 10 Hz

Recrutement

■ Test contre pesanteur (Petajan, 1990)

- muscle biceps
- avant-bras fléchi, contre pesanteur
- nombre de *spikes* > 100 μV
- nombre d'UM activée
- neuropathies : nombre de *spikes* et d'UM réduit
- myopathies : nombre de *spikes* et d'UM augmente

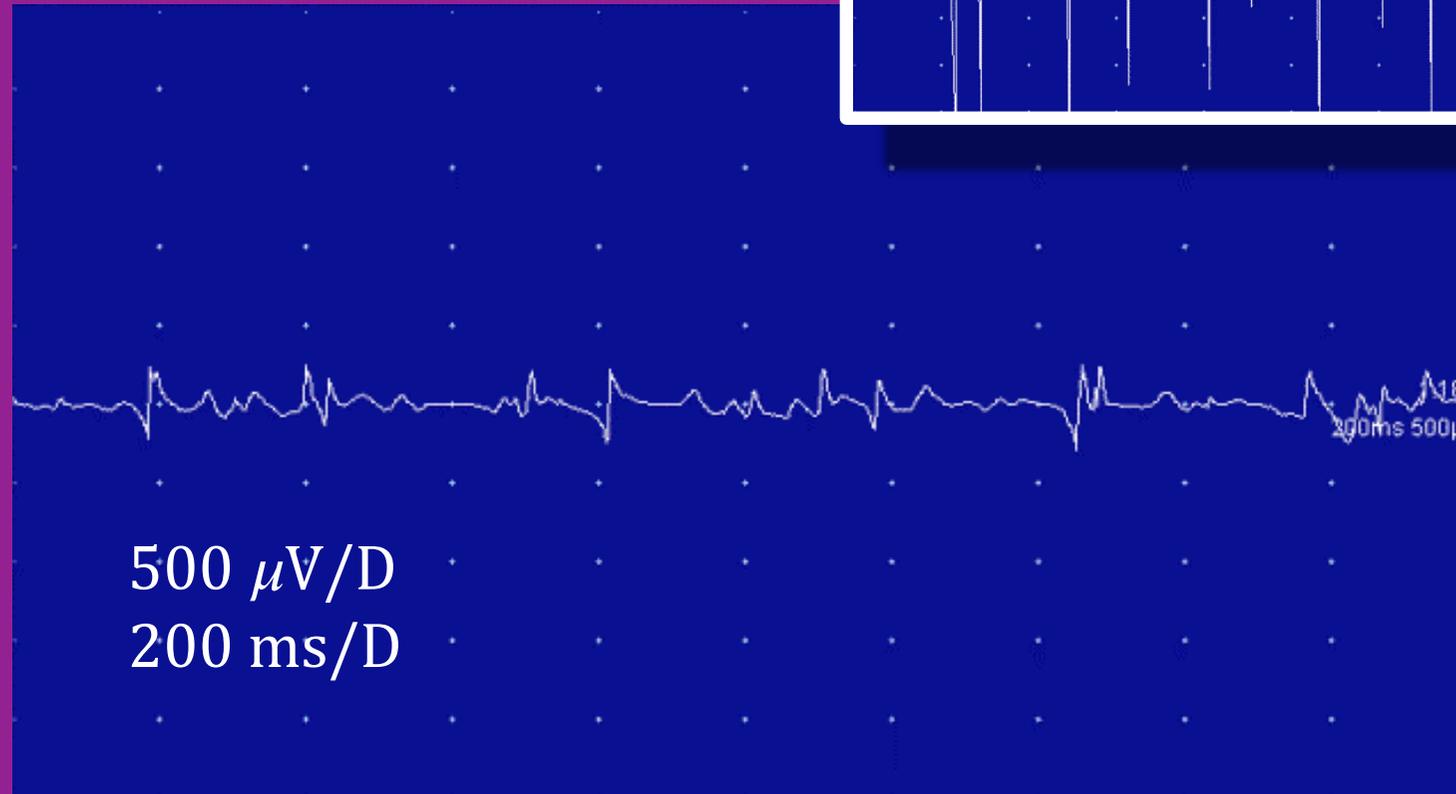
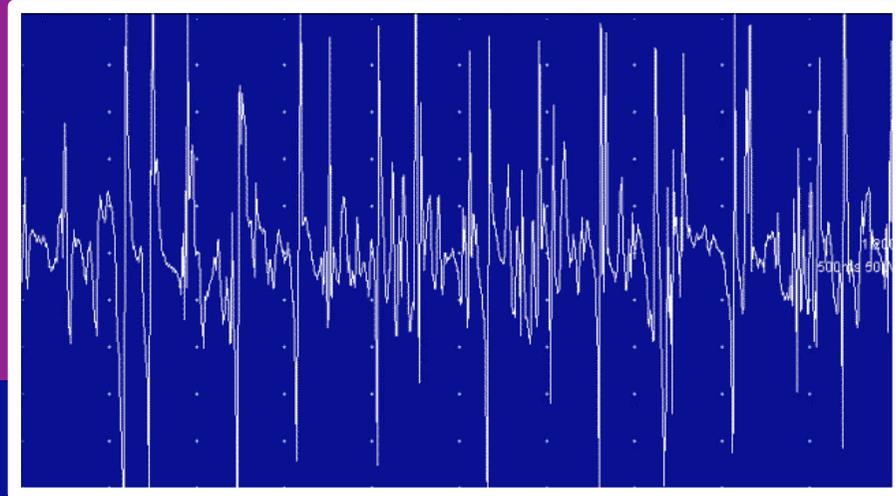
- **Richesse** : pas de ligne de base à l'effort max
- **Enveloppe** : [2-5 mV]
- **Son** : aigu à faible contraction, plus sourd à l'effort max



2,5 mV

Analyse **qualitative** du tracé d'interférence

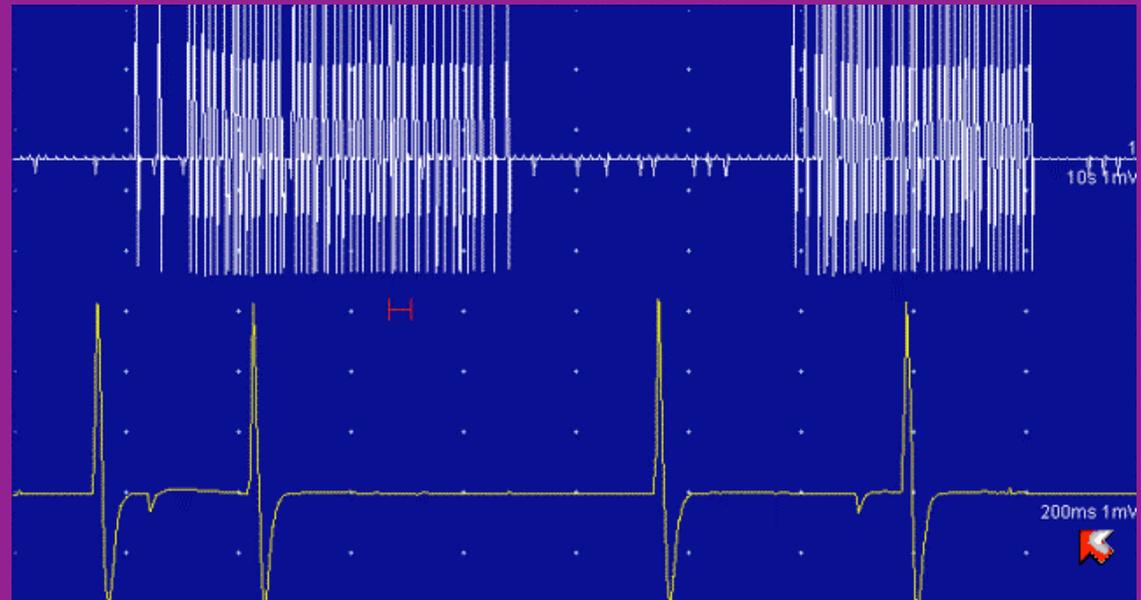
50 $\mu\text{V}/\text{D}$
500 ms/D



Analyse **qualitative** du tracé d'interférence

■ Neuropathie

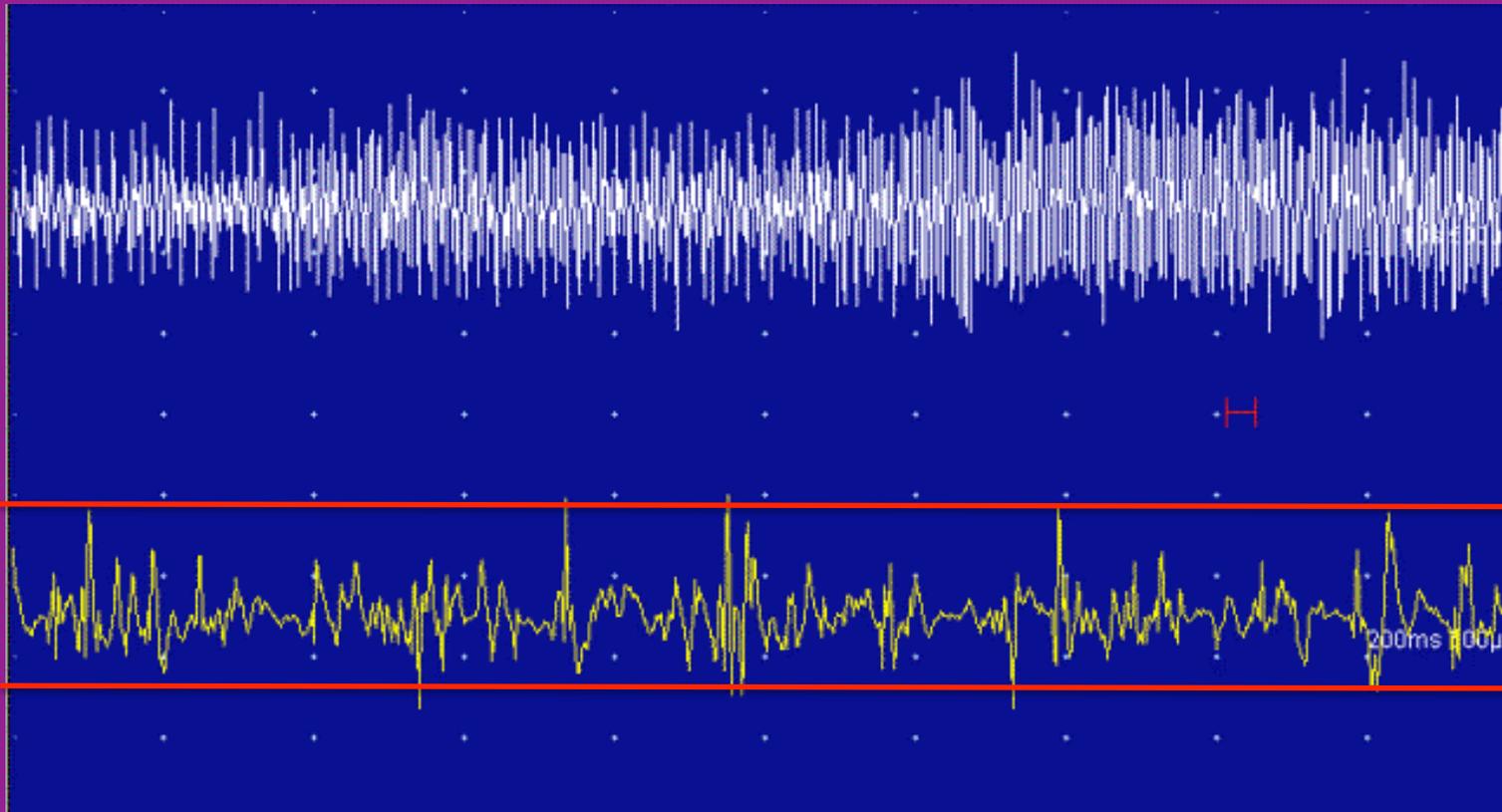
- **appauvrissement** du tracé avec PUM de **grande taille** pulsant à **fréquence élevée**
- enveloppe **> 5 mV**
- son **sourd**
- dans les atteintes modérées, le tracé peut être normal (pas très sensible)



Analyse **qualitative** du tracé d'interférence

■ Myopathie (Buchthal & Kumienieck, 1982)

- stade interférentiel **précoce**
- enveloppe **< 2 mV**
- son **aigu**

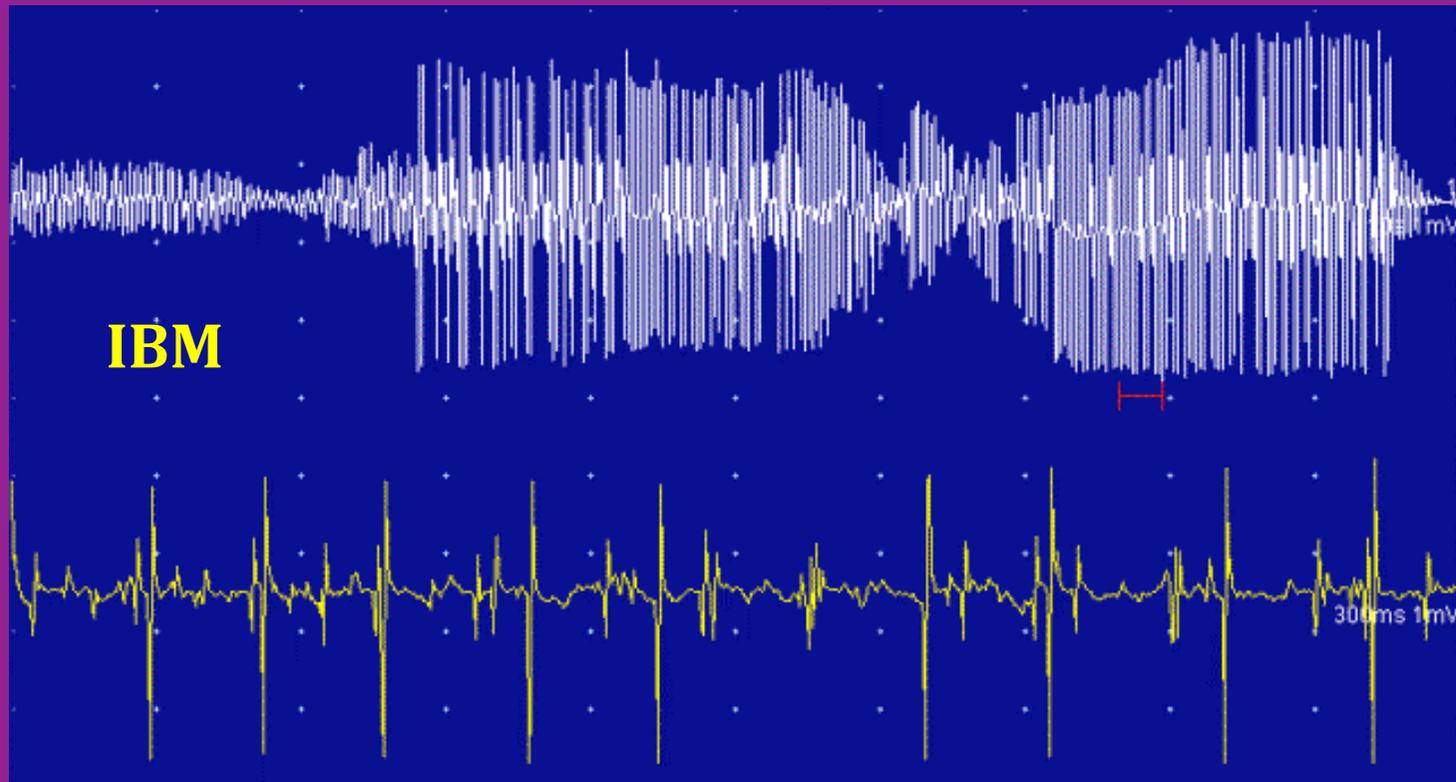


250 μV

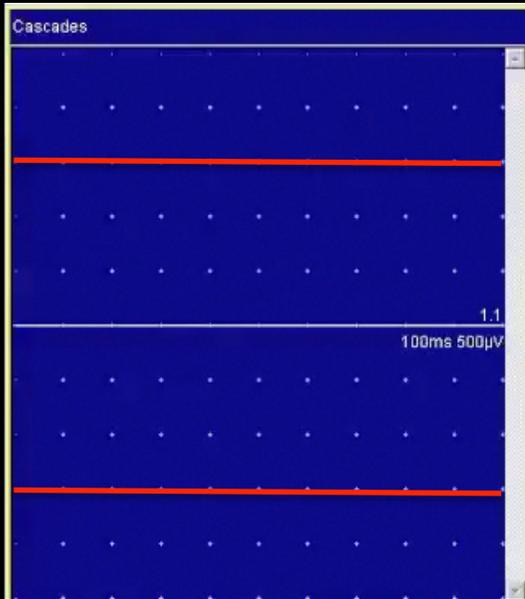
Analyse **qualitative** du tracé d'interférence

■ Myopathie sévère (Barkhaus *et al*, 1999)

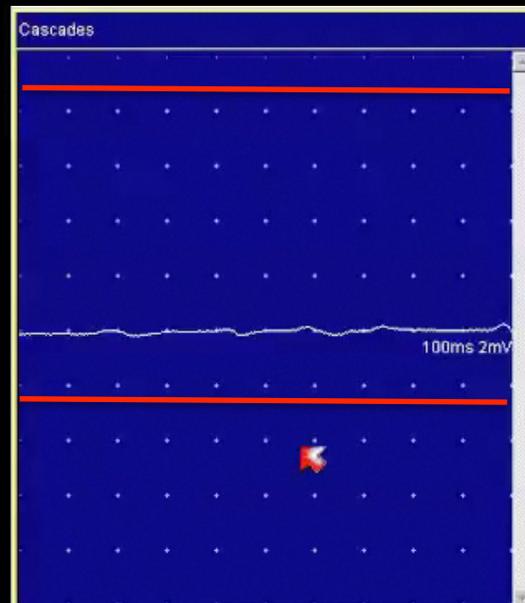
- appauvrissement des tracés avec des PUM de grande et de petite taille
- son **aigu**



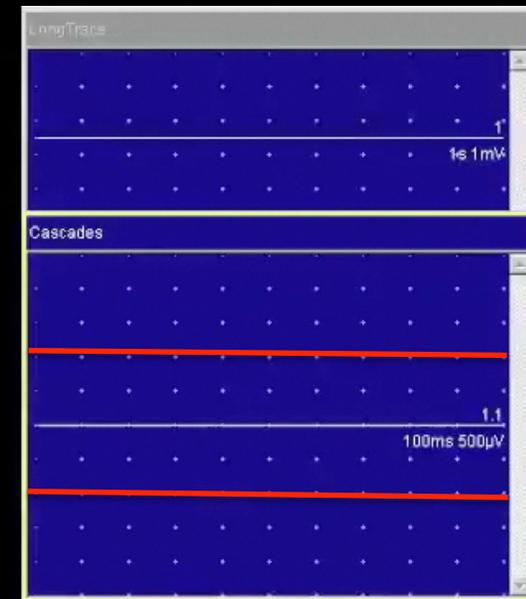
Analyse **qualitative** du tracé d'interférence



- biceps
- normal
- 10 ms/D
- 500 $\mu\text{V}/\text{D}$
- interférentiel
- enveloppe = **4 mV**
- son aigu -> sourd



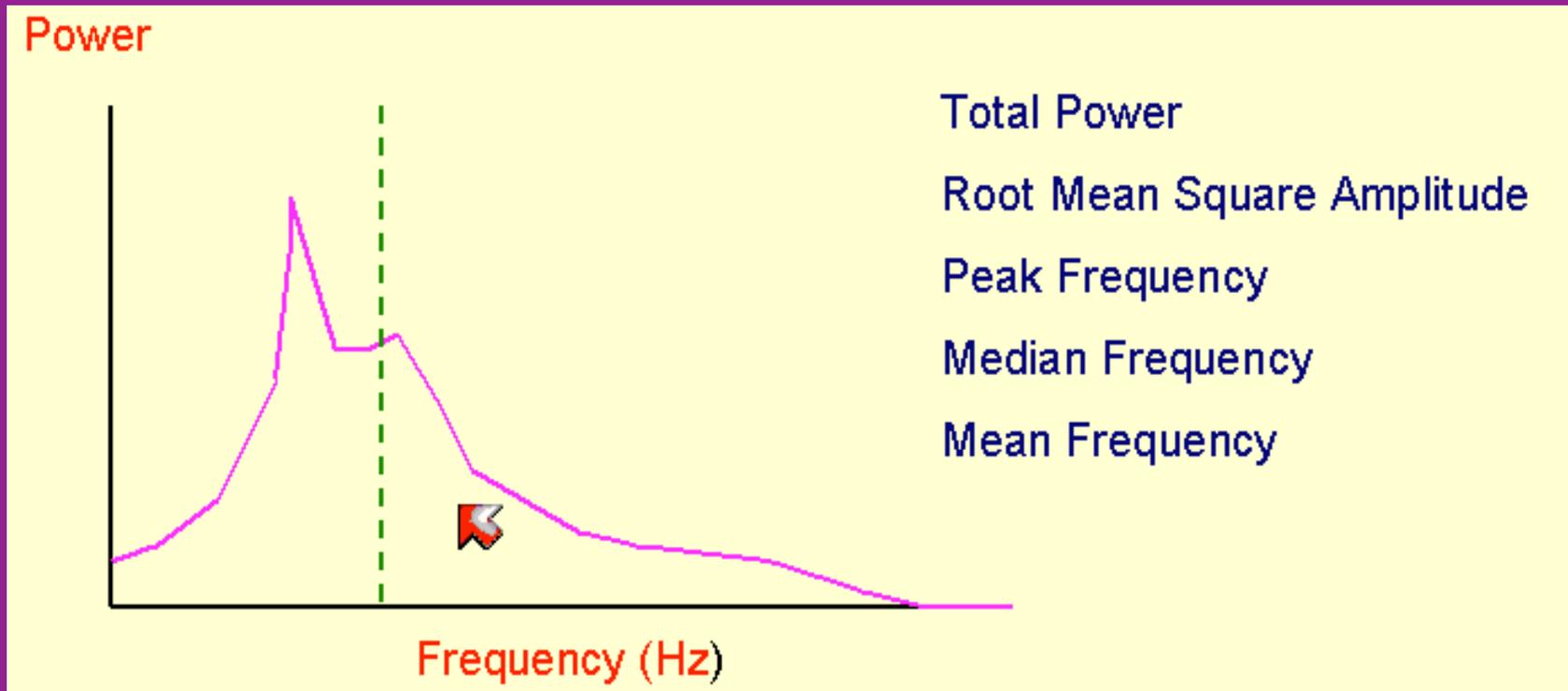
-
- **neuropathie**
- 10 ms/D
- 2000 $\mu\text{V}/\text{D}$
- simple
- enveloppe = **10 mV**
- son sourd



- biceps
- **myopathie**
- 10 ms/D, 100 ms/D
- 500 $\mu\text{V}/\text{D}$
- interférentiel précoce
- enveloppe = **2 mV**
- activité de repos
- son aigu

Analyse **qualitative** du tracé d'interférence

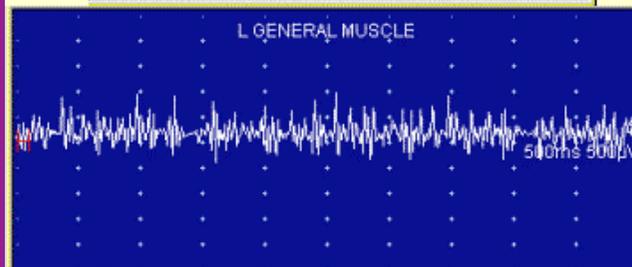
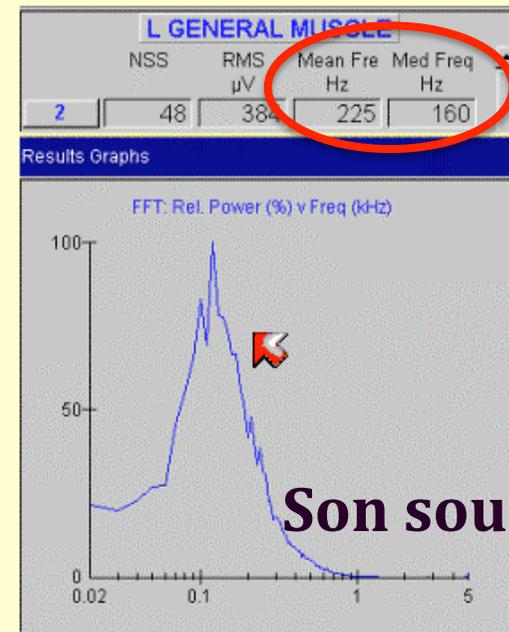
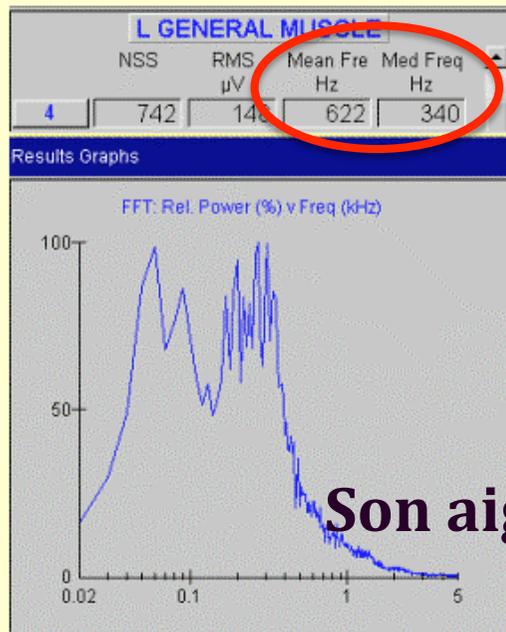
■ **FFT : *Fast Fourier Transform*** (fréquence)



Analyse **quantifiée** du tracé d'interférence

■ **FFT : Fast Fourier Transform** (fréquence) **Walton, 1952**

Power Spectrum Analysis



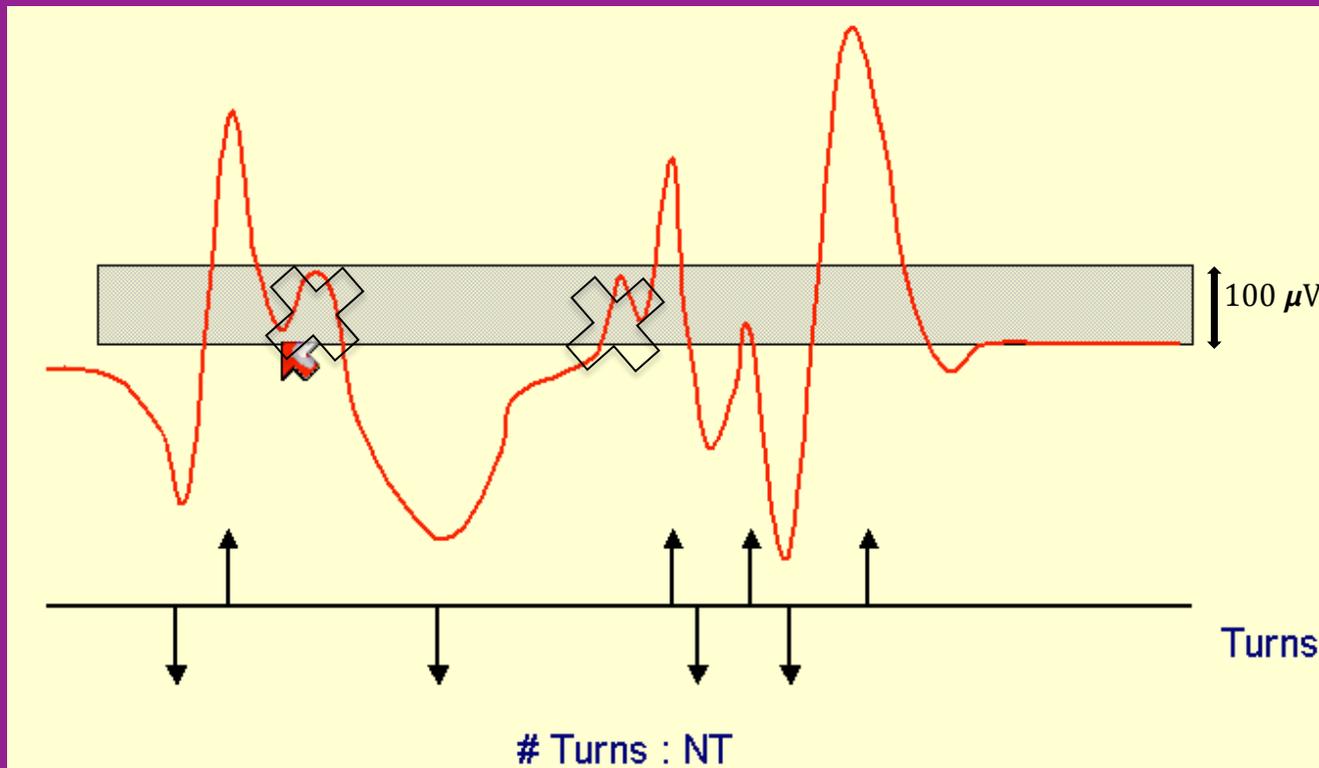
Myopathie

Neuropathie

Analyse **quantifiée** du tracé d'interférence

■ *Turns analysis* (temps) **Willison, 1964**

- plus la fréquence du signal EMG est élevée et plus il y a de pics (**500 Hz -> 1000 pics**)
- pour éviter les pics liés au bruit -> **turn**



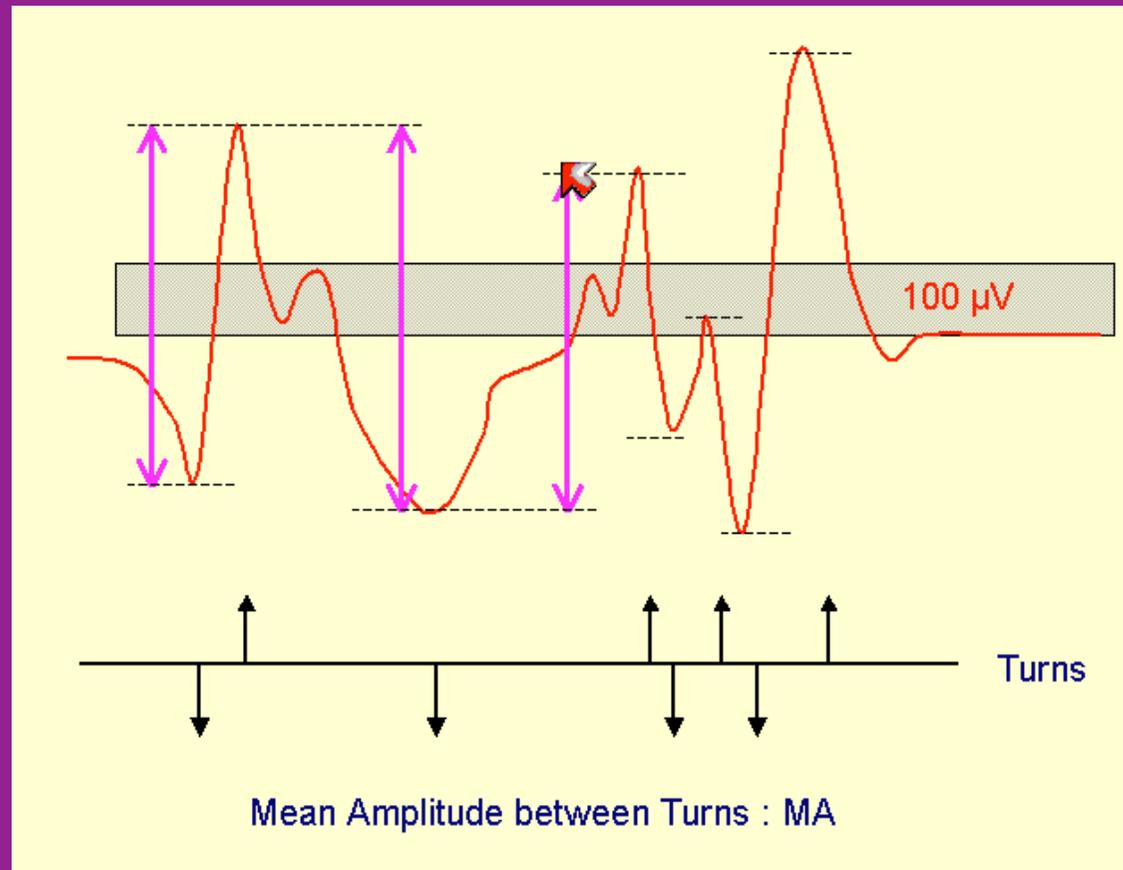
13 pics

8 turns (NT)

Analyse **quantifiée** du tracé d'interférence

■ *Turns analysis* (temps) **Willison, 1964**

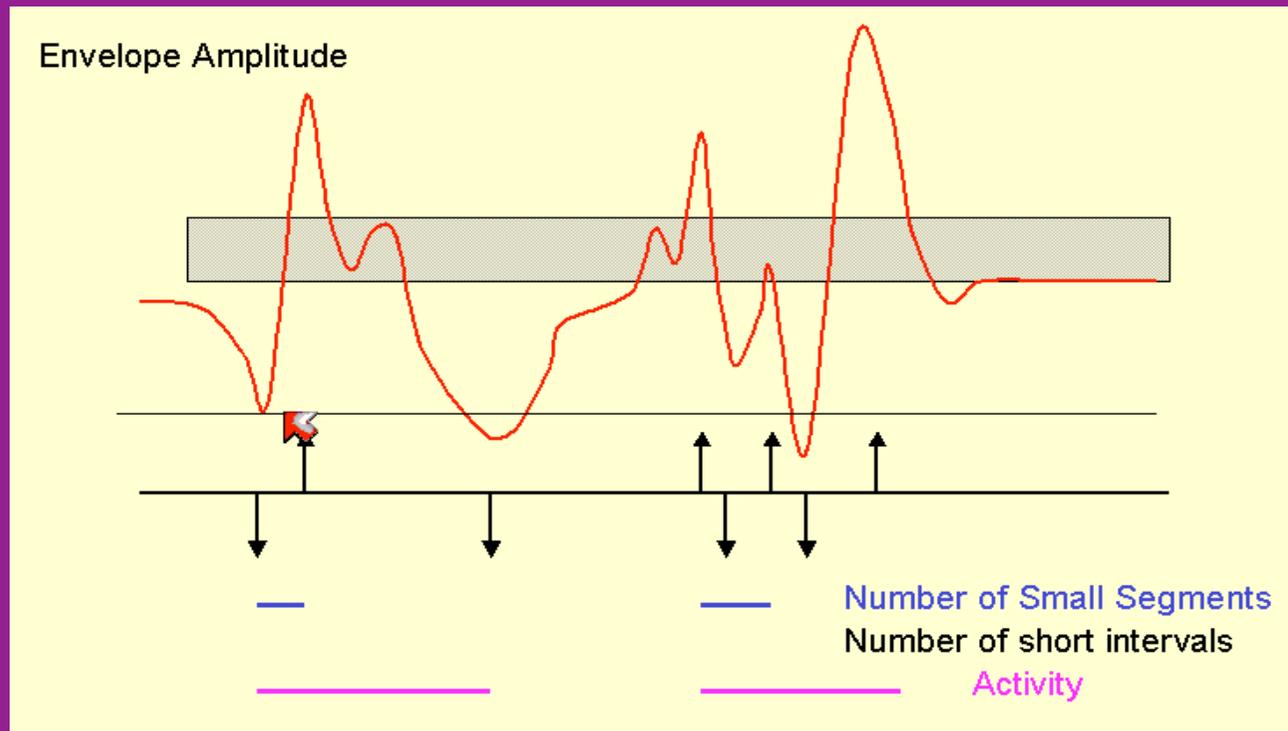
- **NT** : nombre de *turns*
- **MA** : amplitude moyenne entre 2 *turns*



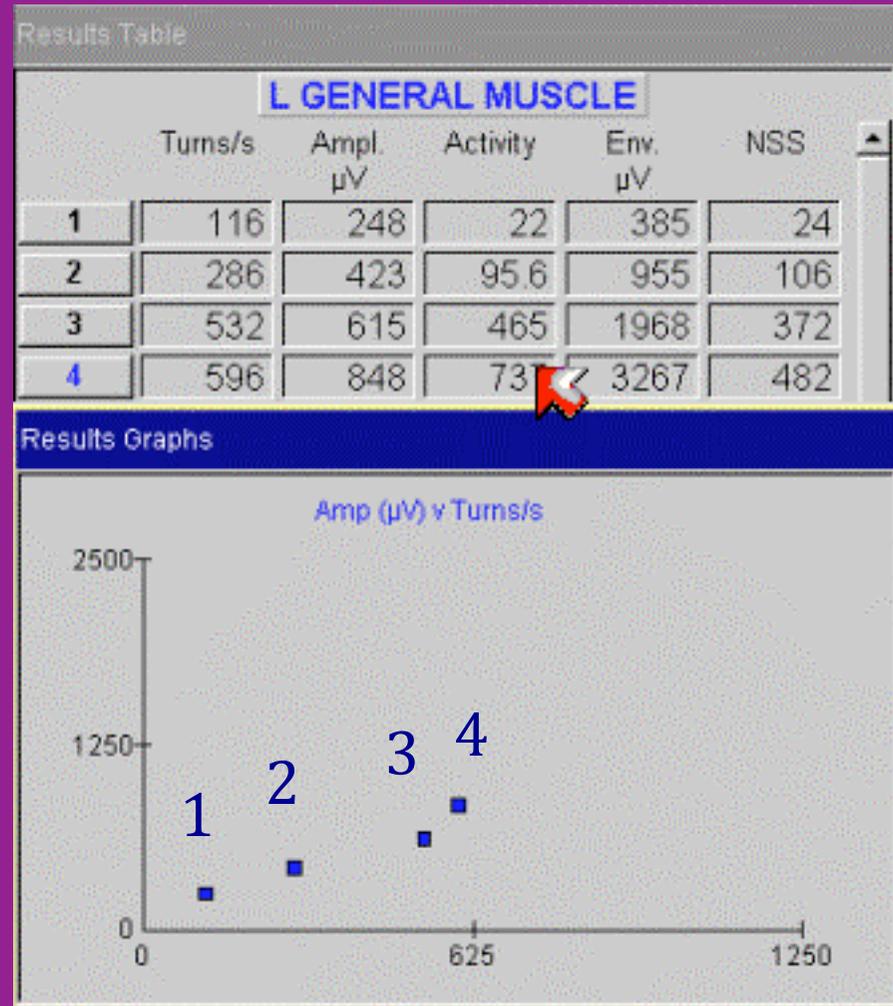
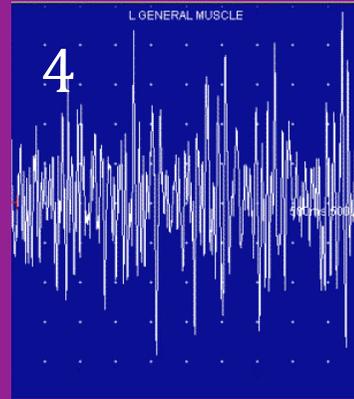
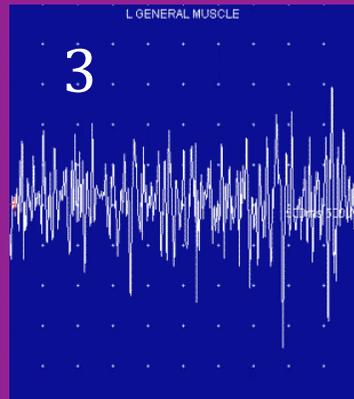
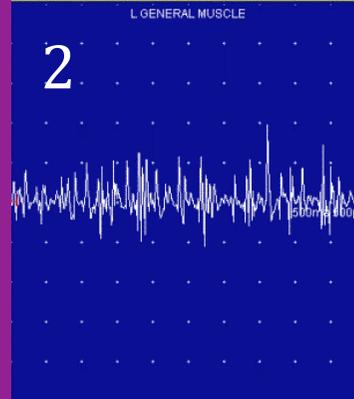
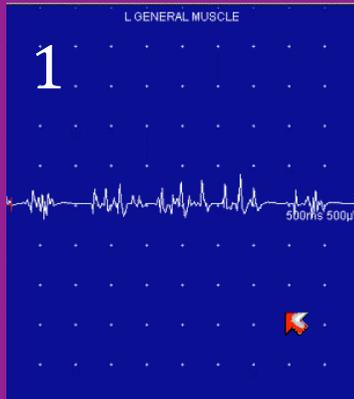
Analyse **quantifiée** du tracé d'interférence

■ **Turns analysis** (temps) **Nandedkar et al, 1986**

- **enveloppe** (mV)
- **NSI/NSS** : nombre d'intervalles courts/de courts segments (quand 2 turns successifs sont séparés par moins de $500 \mu s$)
- **activité**: durée (ms) de signal EMG riche en pics/1 s



Analyse **quantifiée** du tracé d'interférence



Analyse **quantifiée** du tracé d'interférence

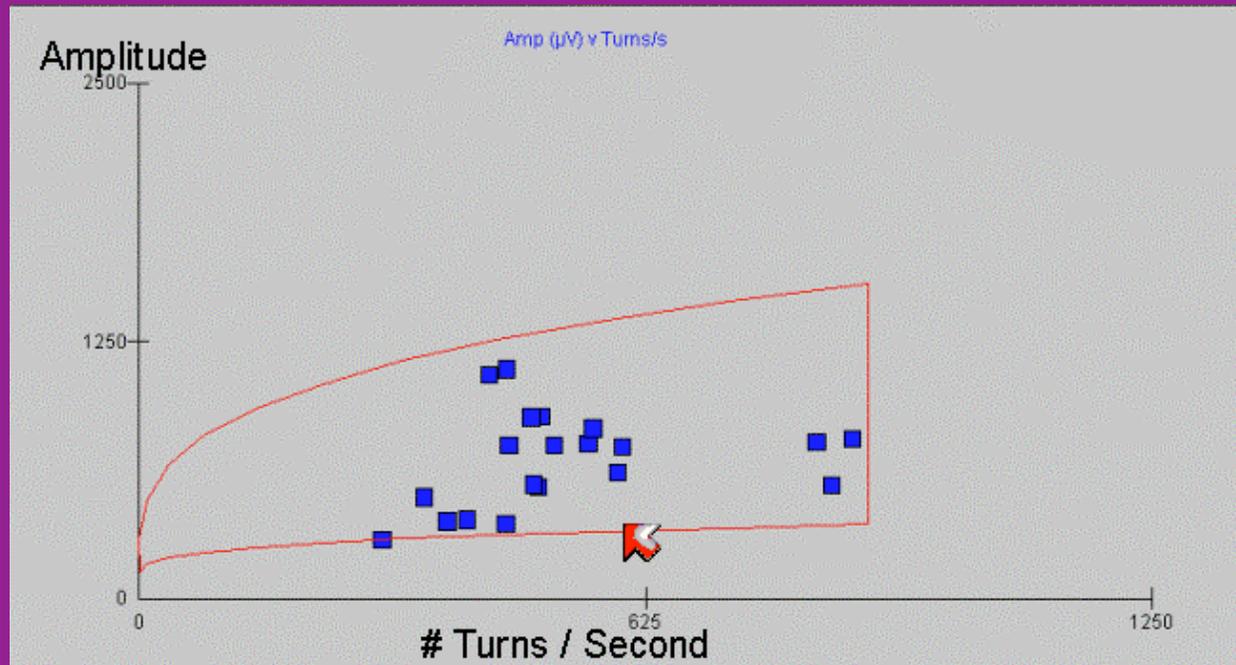
■ *Turns analysis* (temps)

- **Charge = 2 kg** (biceps) :
 - * Myopathie : NT augmente (**Rose & Willison, 1967**)
 - * Neuropathie : MA augmente (**Hayward & Willison, 1977**)
- **Charge = 30% force max.** :
 - * Myopathie : NT, NSI et NT/MA augmentent (**Fuglsang-Frederiksen et al, 1976**)
 - * Neuropathie : MA augmente (**Fuglsang-Frederiksen et al, 1977**)
- Sans mesurer la force : Nuage (**Stålberg et al, 1983**)
 - * 3 à 4 niveaux de force sont testés (le patient résiste à l'examineur)
 - * 5 à 7 sites testés par muscle
 - * 20 échantillons d'EMG sont soumis à l'analyse
 - * muscle normal : 90% des points sont dans le nuage

■ *Turns analysis* (temps)

- Sans mesurer la force : Nuage

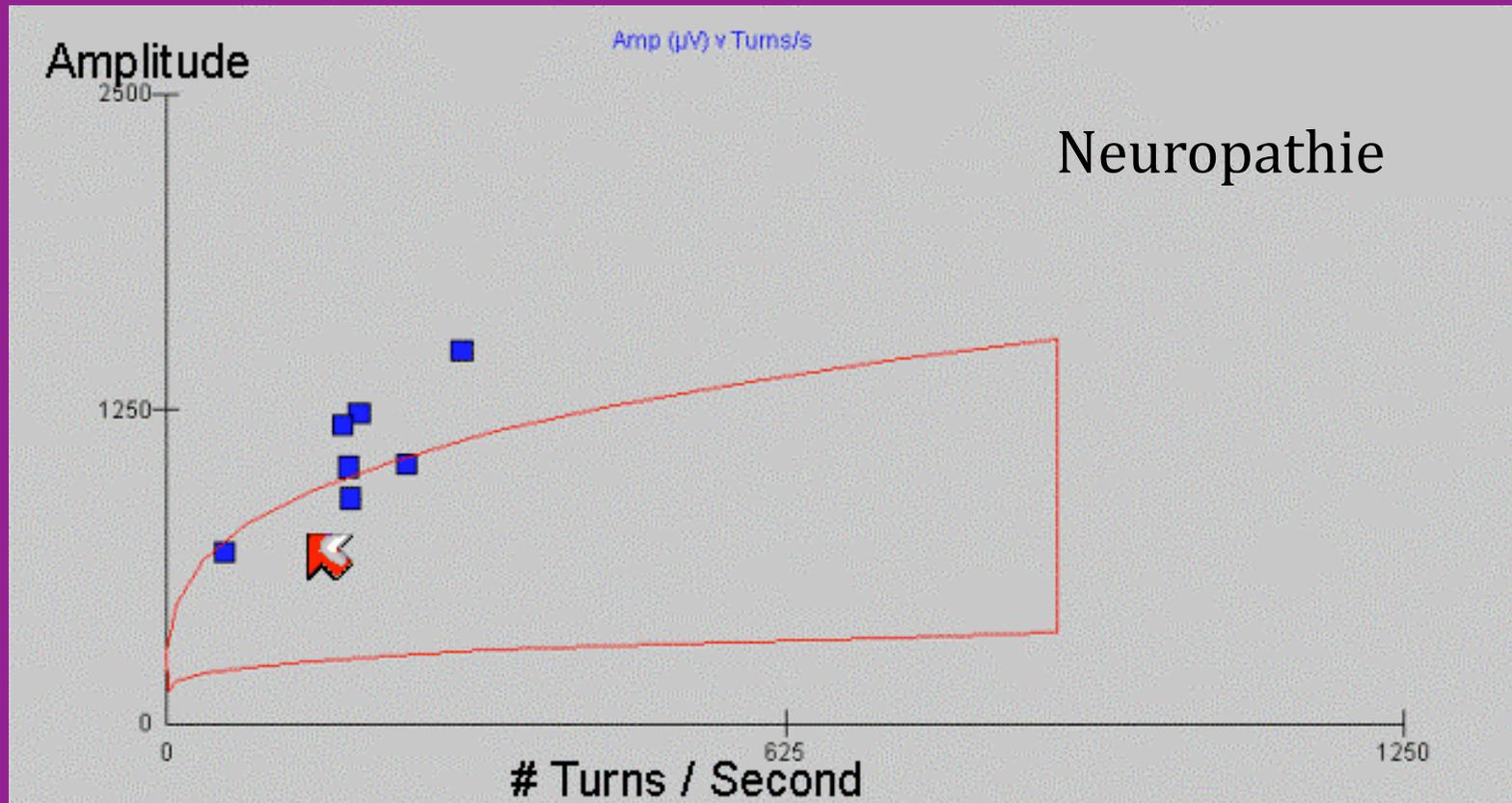
* la forme du nuage normal dépend du muscle, de l'âge, du sexe et de l'électrode utilisée
(**Stålberg *et al*, 1983 ; Nandedkar *et al*, 1991**)



Analyse **quantifiée** du tracé d'interférence

■ *Turns analysis* (temps)

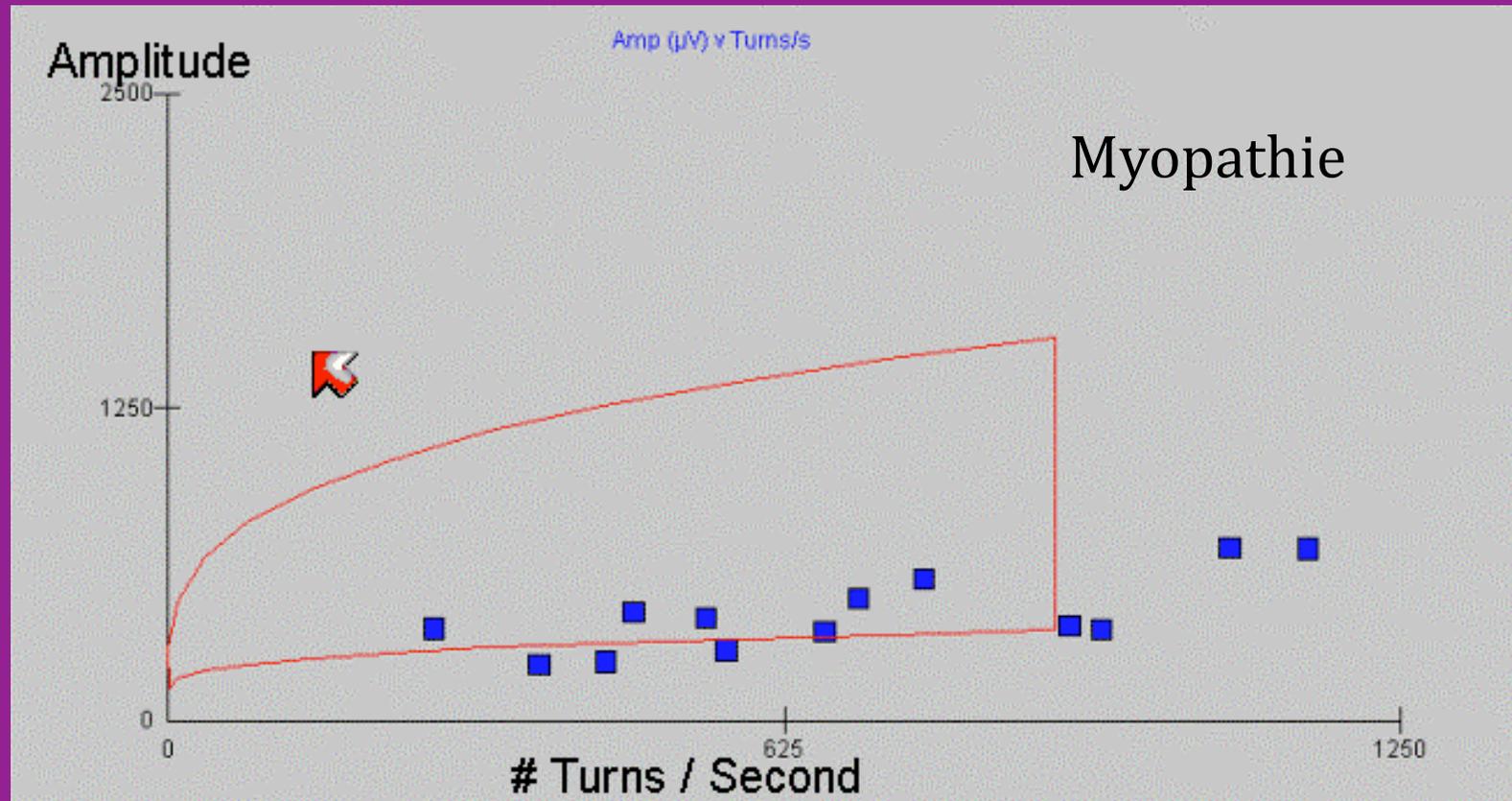
- Sans mesurer la force : Nuage



Analyse **quantifiée** du tracé d'interférence

■ *Turns analysis* (temps)

- Sans mesurer la force : Nuage



Analyse **quantifiée** du tracé d'interférence

■ **Turns analysis** (temps)

- autres paramètres d'analyse (**Nandedkar et al, 2002**)

* enveloppe vs activité

* NSS vs activité

* NT/MA Ratio

Valeurs individuelles

Valeur moyenne **[0,4 – 0,8]**

Valeur pic (peak ratio) **[0,8 – 1,4]**

■ 1^{ère} étape : acquisition du signal

- 2 à 4 insertions de l'électrode-aiguille
- 1 à 3 directions testées/insertion
- 1 à 3 sites/direction testée
- 2 sites sont séparés d'au moins 5 à 10 mm

20 PUM
ou +

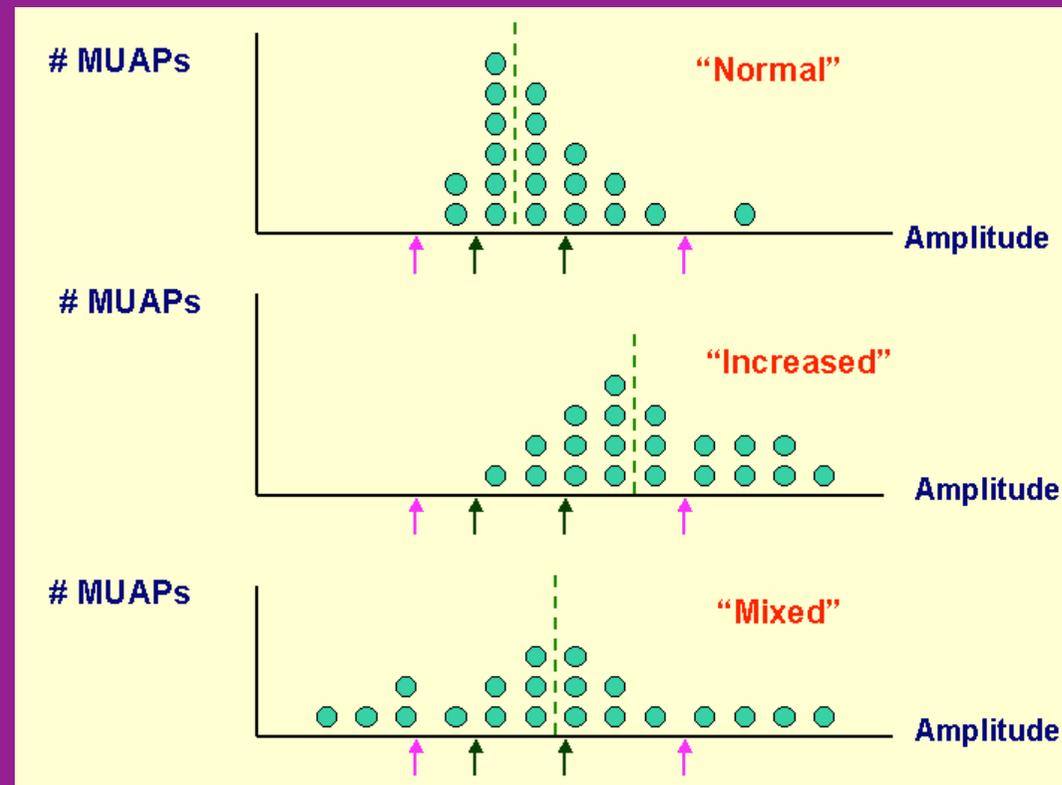
■ 2^{ème} étape : Mesures (Buchthal 1977 ; Barkhaus et al, 1990)

- valeurs moyennes
 - * amplitude, surface, durée, '*Thickness*'
 - * tous les PUM ou uniquement les non polyphasiques (MYO)
- valeurs individuelles « outliers »
- pourcentage
 - * PUM polyphasiques
 - * PUM instables

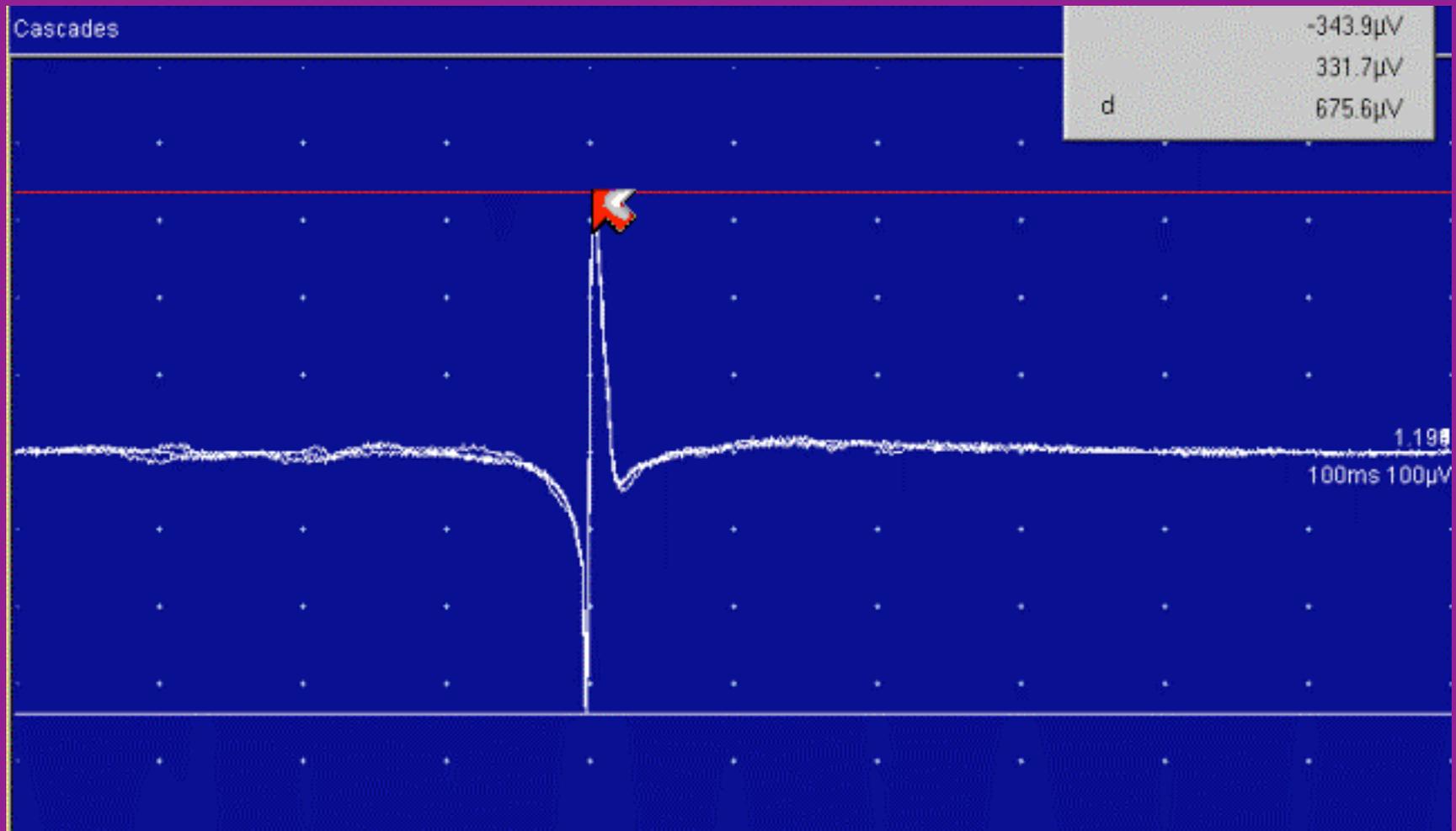
■ 3^{ème} étape : comparaison aux valeurs de référence

- muscle sain
 - * valeurs moyennes dans les LN
 - * pourcentage normal de PUM polyphasiques
 - * PUM stables

Valeurs moyennes
et valeurs
individuelles
'Outliers'



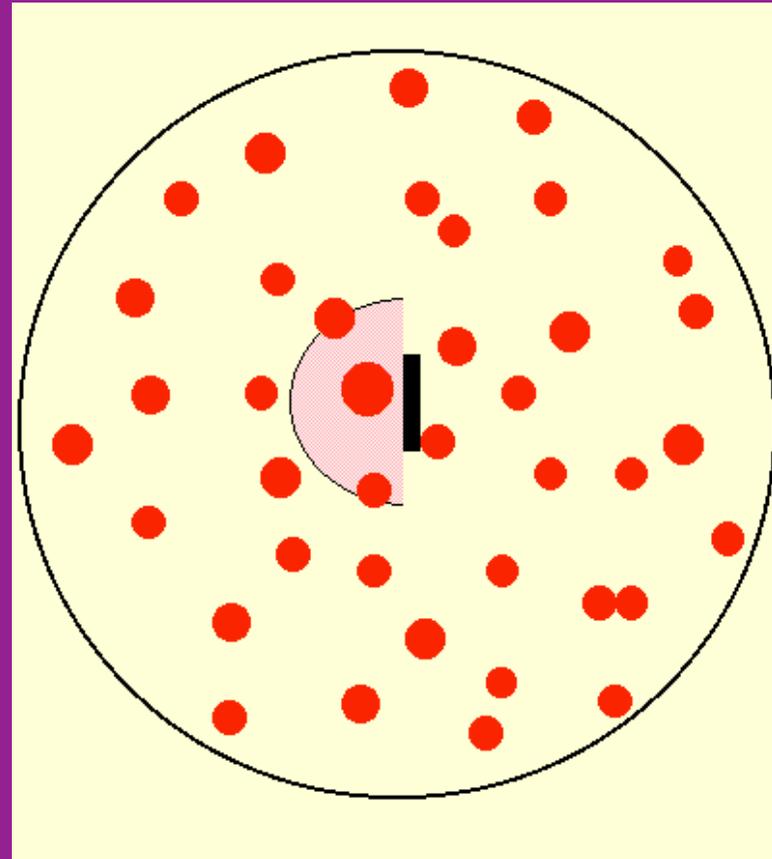
Amplitude



Analyse **quantifiée** des PUM

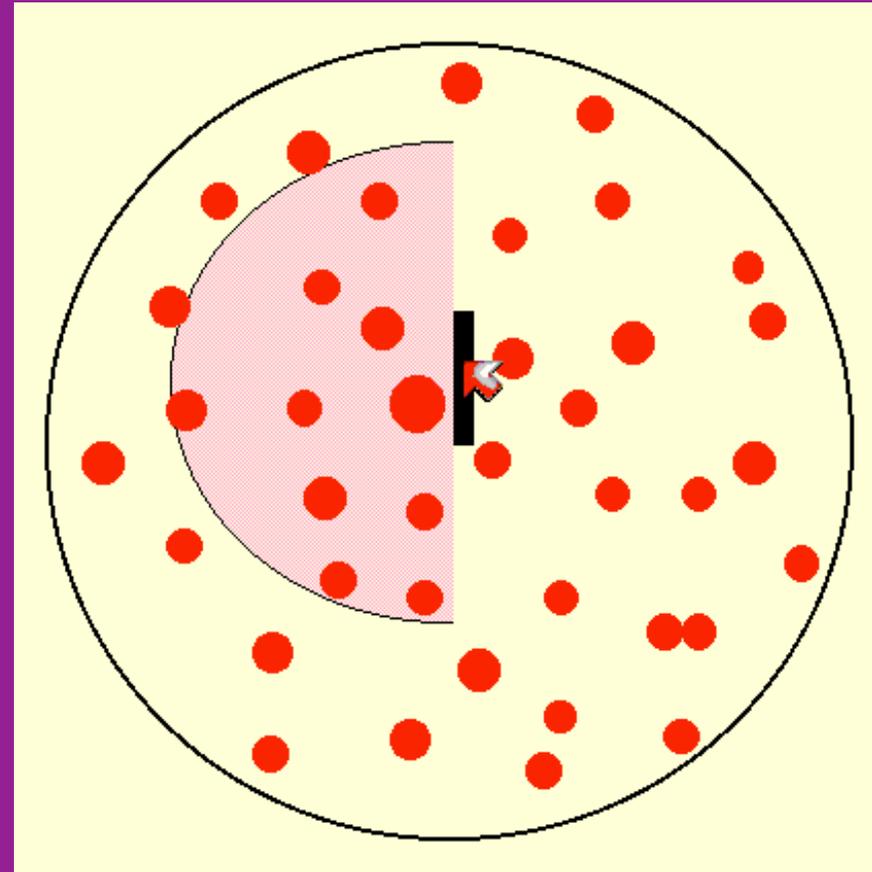
■ Amplitude

- nombre et taille des fm dans un territoire semi-circulaire de rayon = 0,5 mm
- 1 à 5 fm/UM
- **ne reflète pas la taille de l'UM**



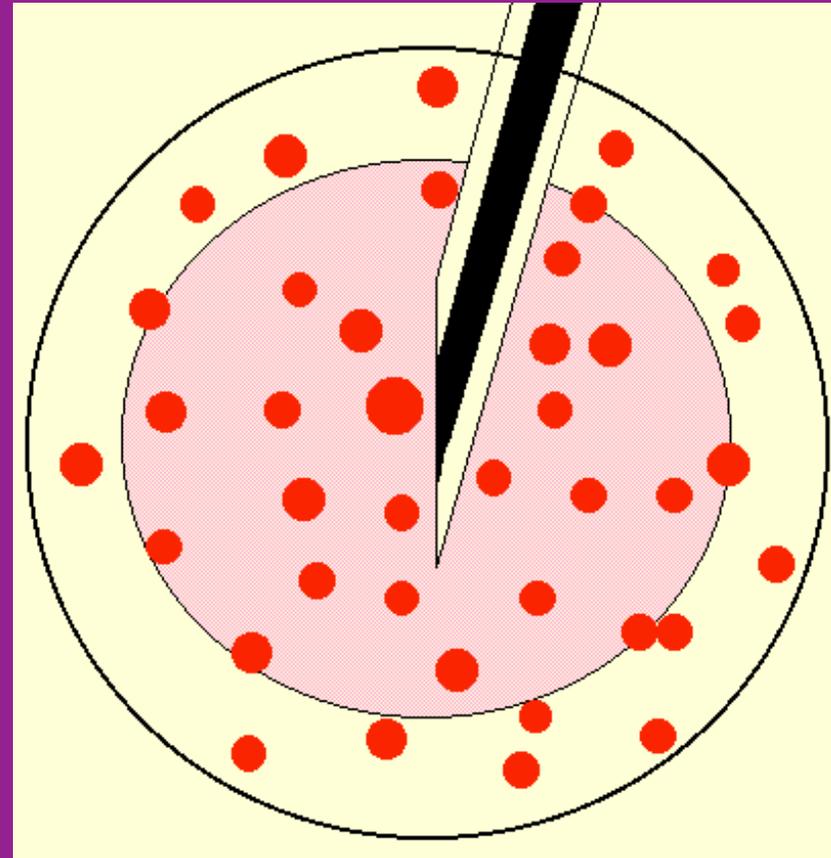
■ Surface

- nombre et taille des fm dans un territoire semi-circulaire de rayon = 1 mm
- 10 à 30 fm/UM



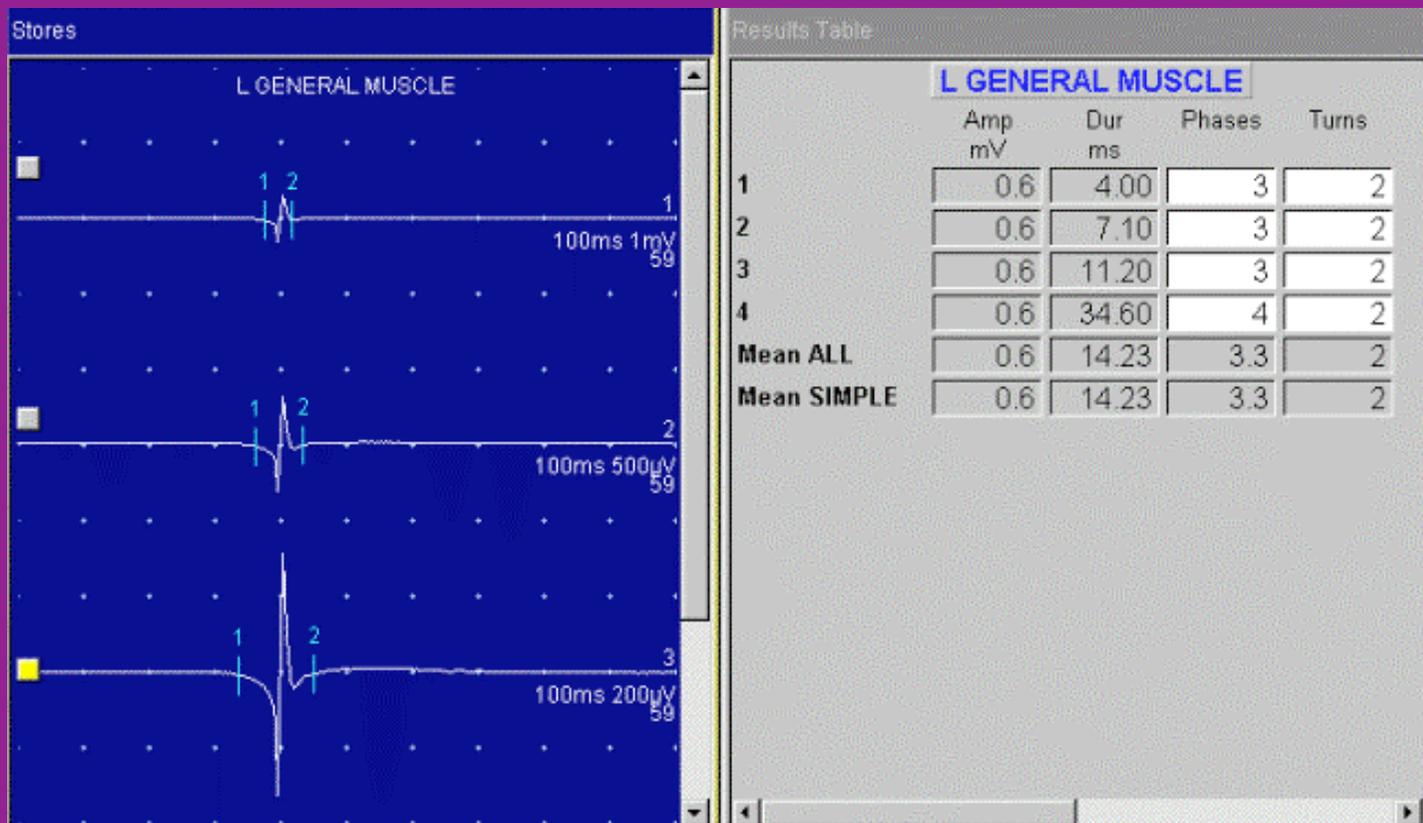
■ **Durée**

- nombre et taille des fm dans un territoire circulaire de rayon = **2,5 mm**
- **le meilleur reflet de la taille des UM**



■ Durée

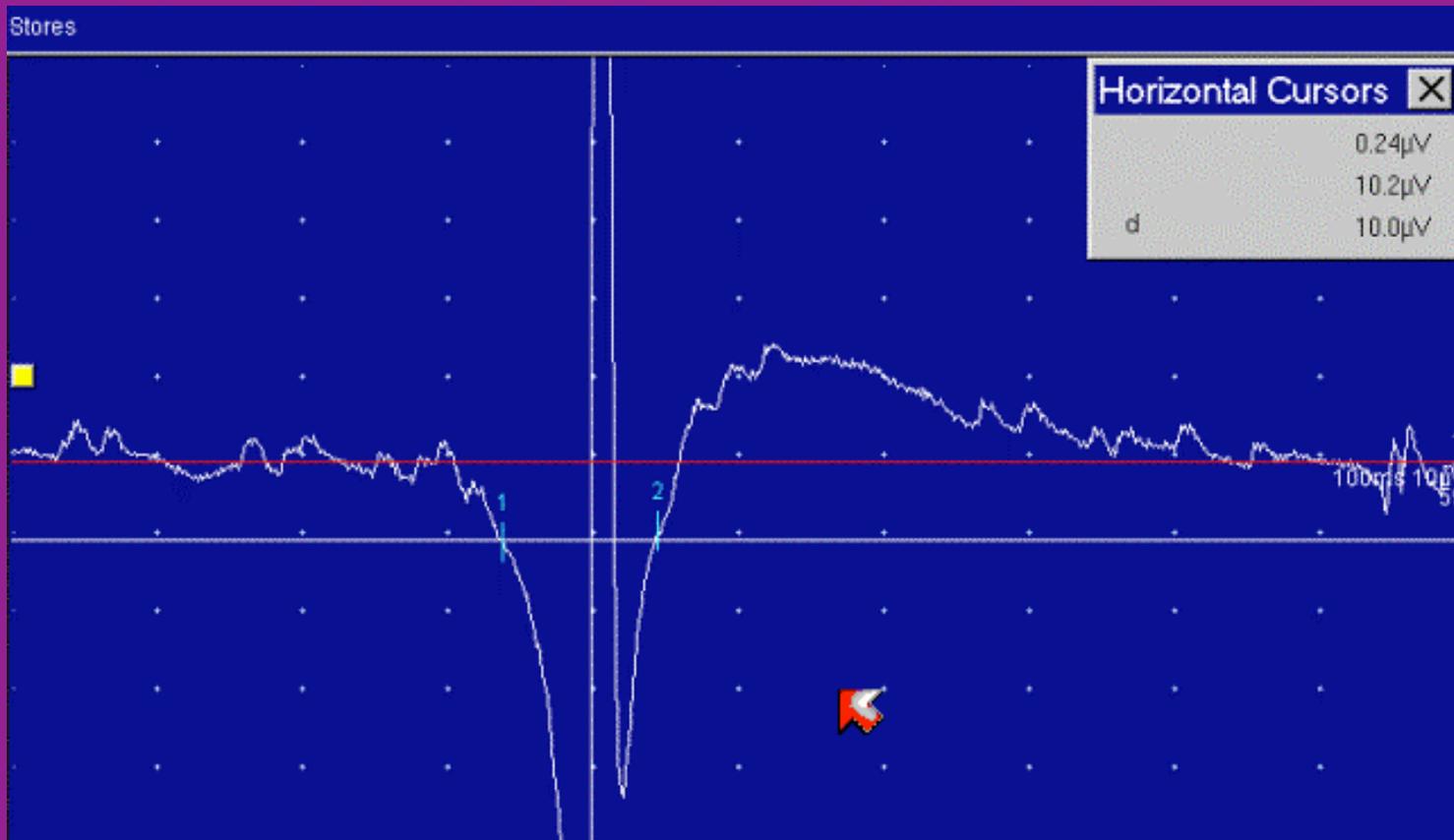
- Manuellement -> standardiser l'amplification du signal (exemple : 100, 200 **ou** 500 $\mu\text{V}/\text{D}$)



Analyse **quantifiée** des PUM

■ Durée

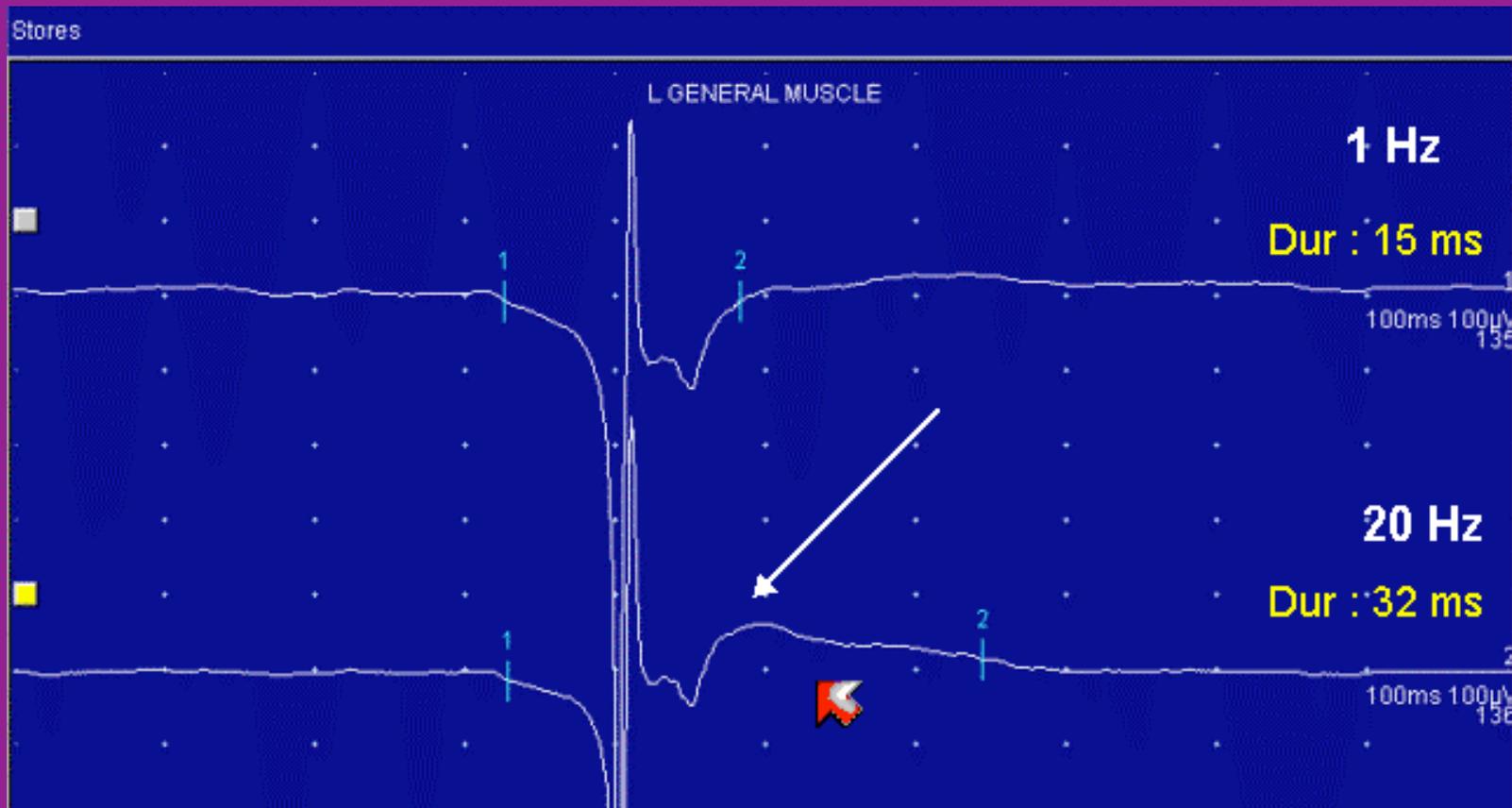
- Automatiquement (ex: quand le signal dérive de plus de $10\ \mu\text{V}$ > de la ligne de base)



Analyse **quantifiée** des PUM

■ Durée

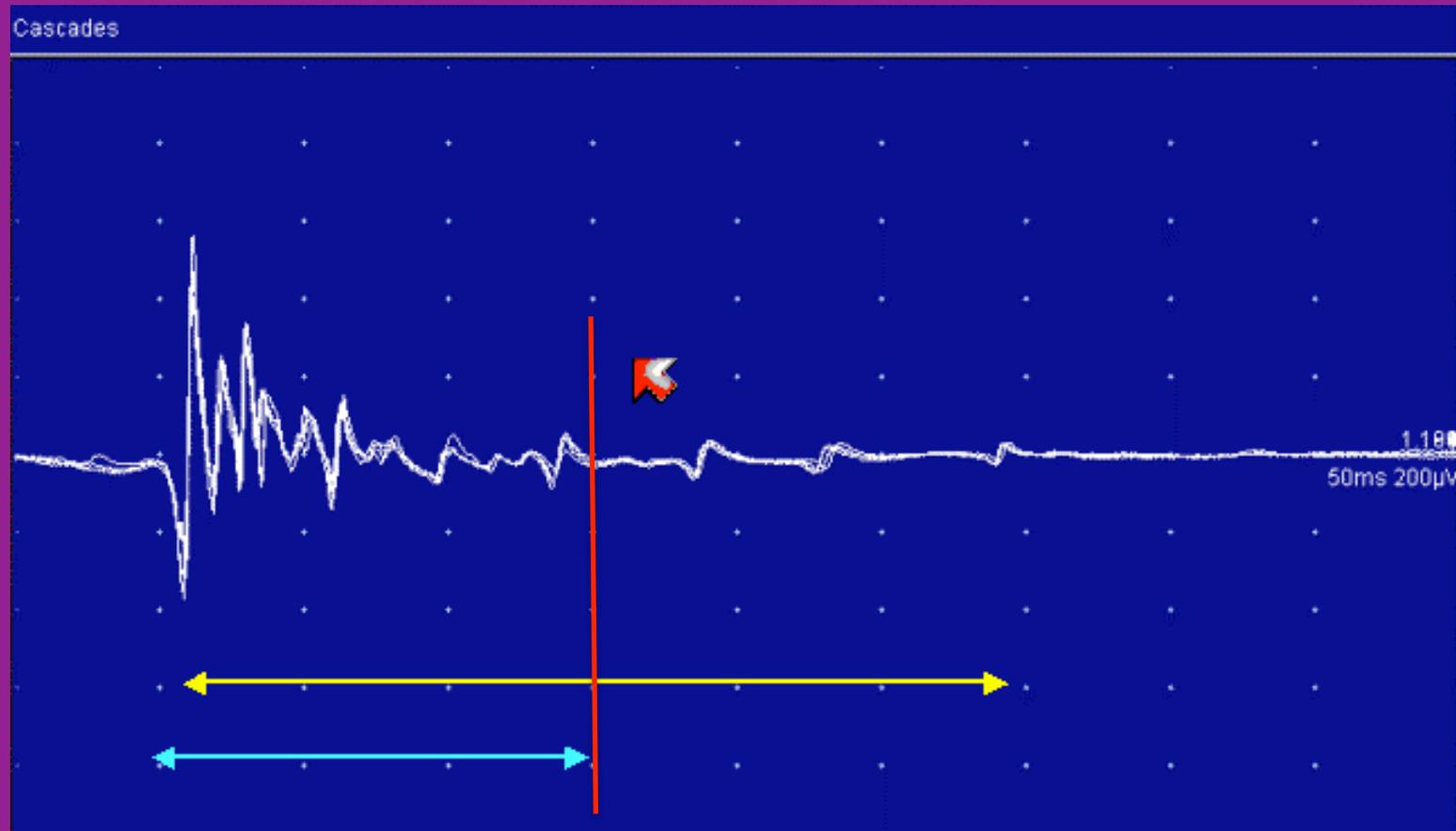
- effet du filtre basse fréquence



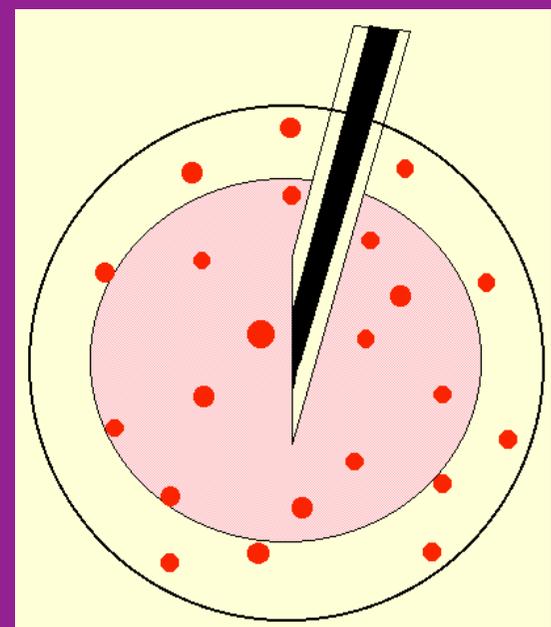
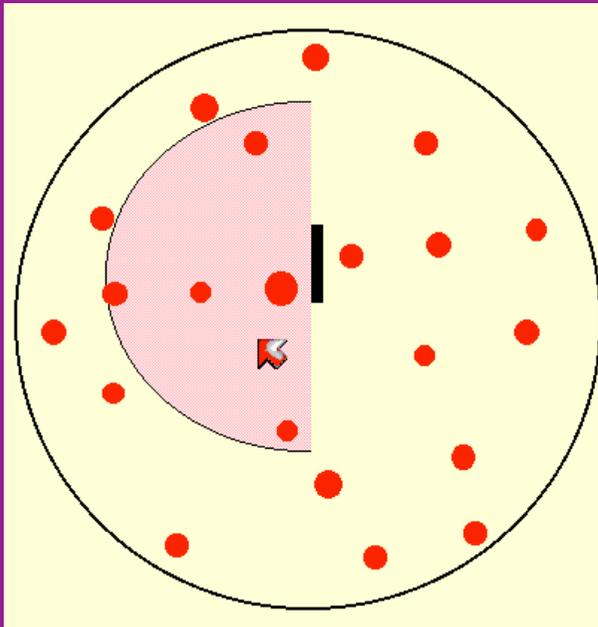
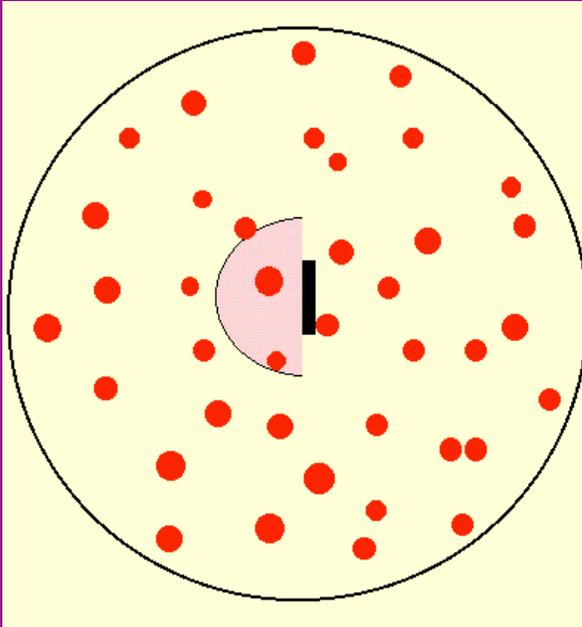
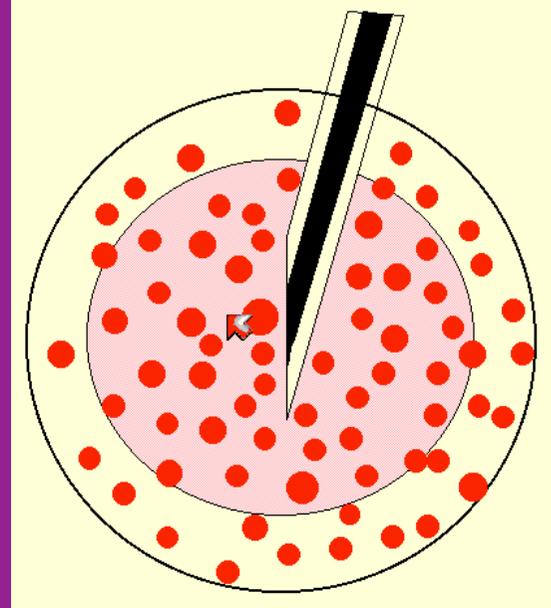
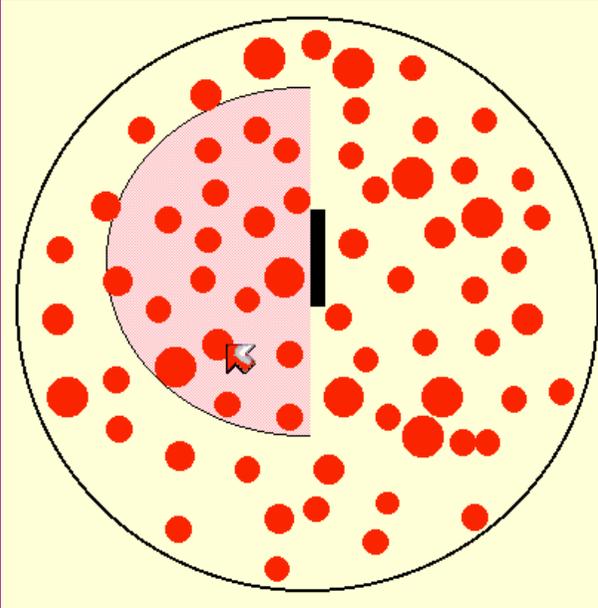
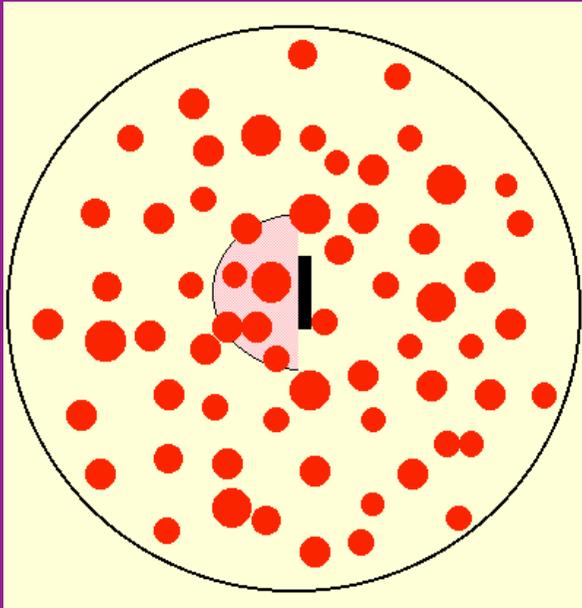
Analyse **quantifiée** des PUM

■ Durée

- ne pas tenir compte des potentiels satellites



Analyse **quantifiée** des PUM



Analyse **quantifiée** des PUM

■ Augmentation

- **densité en fm augmentée**

- * réinnervation (neuropathie)
- * régénération des fm (myopathie)
- * fm scindées

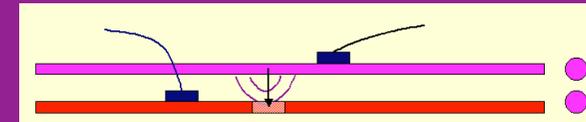
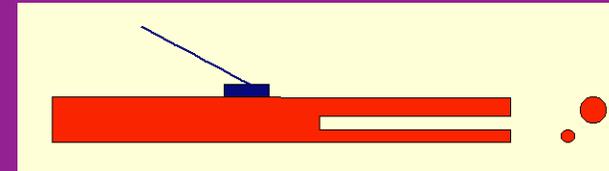
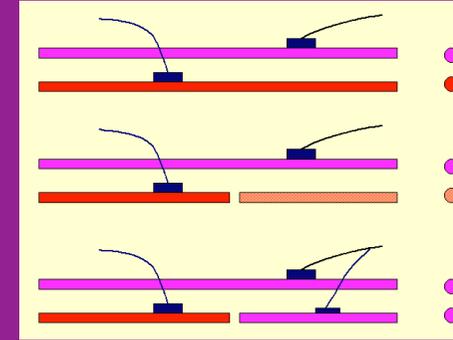
longitudinalement (myopathie)

- * transmission ephaptique (entre 2 axones ou 2 fm)

- **hypertrophie des fm** (myopathie)

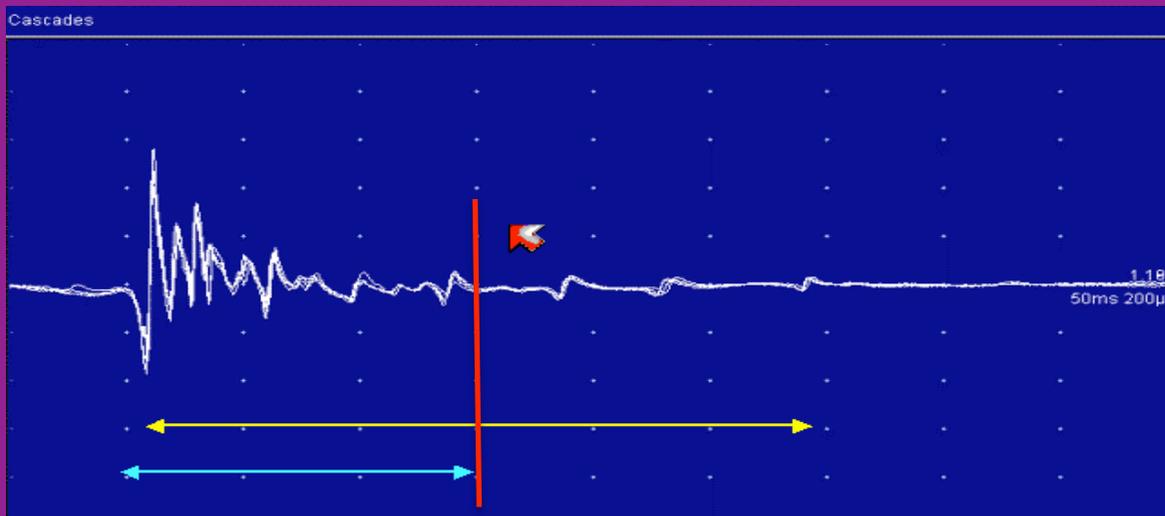
■ Réduction

- atrophie des fm (myopathie)
- tissu conjonctif interposé
- densité en fm réduite (myopathie)
- bloc de transmission neuromusculaire



■ Augmentation de durée

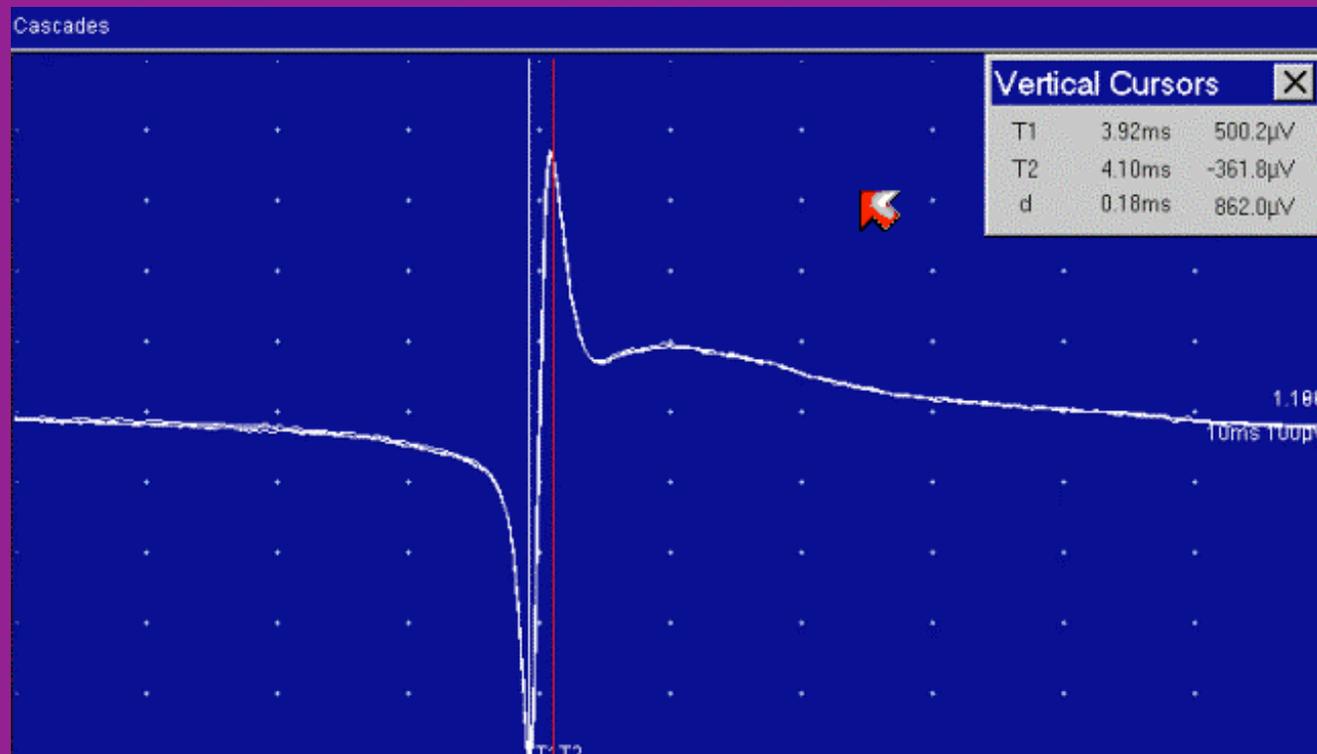
- **augmentation de la dispersion temporelle (PUM complexe)**
 - * variabilité du diamètre des fm (**myopathies**)
 - * largeur de la zone des plaques motrices (neuropathies)
 - * ralentissement de la conduction axonale terminale
 - + plus longs segments axonaux terminaux (neuropathies)



- **dans les myopathies, il est préférable de ne pas inclure ces potentiels dans le calcul de la durée moyenne**

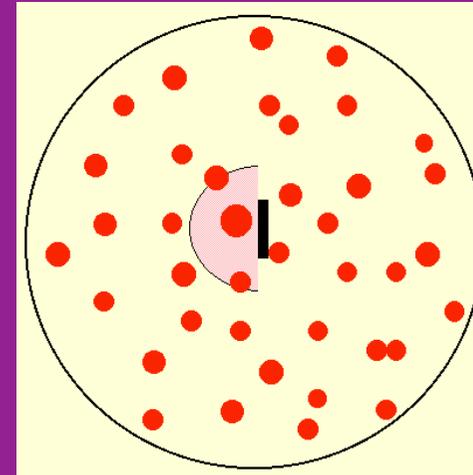
■ *Rise time*

- durée entre le pic positif max et le pic négatif max
- ne devrait pas être $> 500 \mu s$



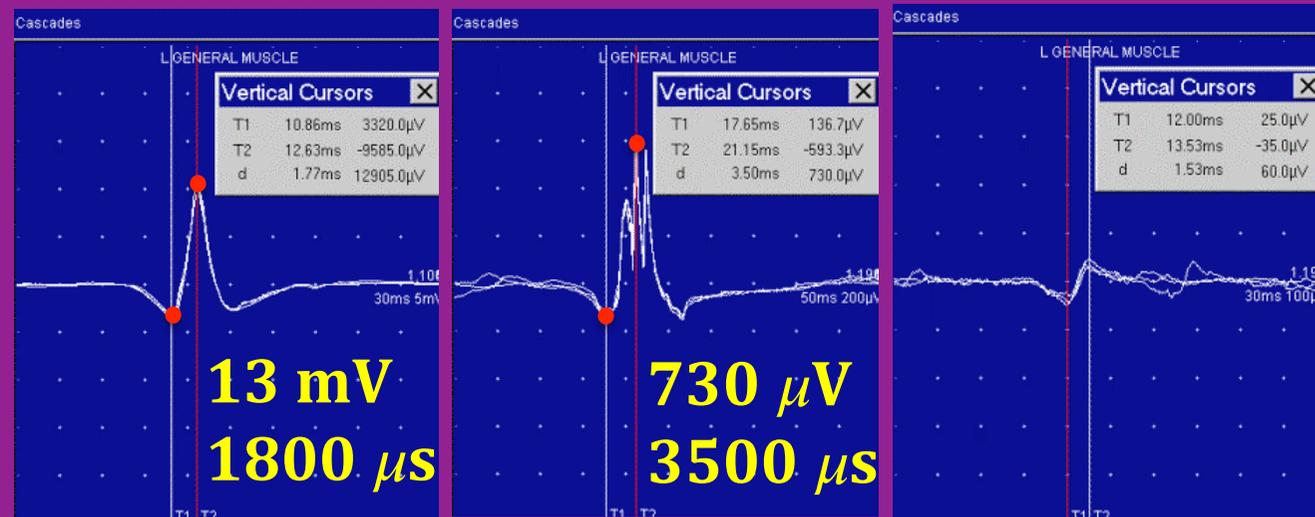
■ **Rise time influencé par**

- la fm la plus proche
- le nombre de fm proches
- dispersion temporelle



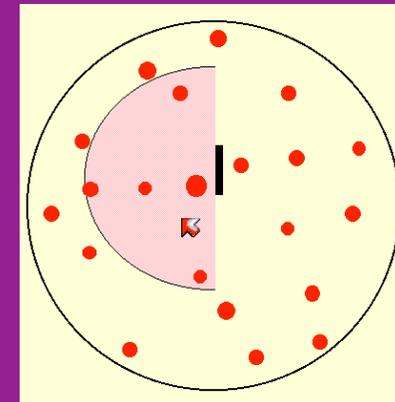
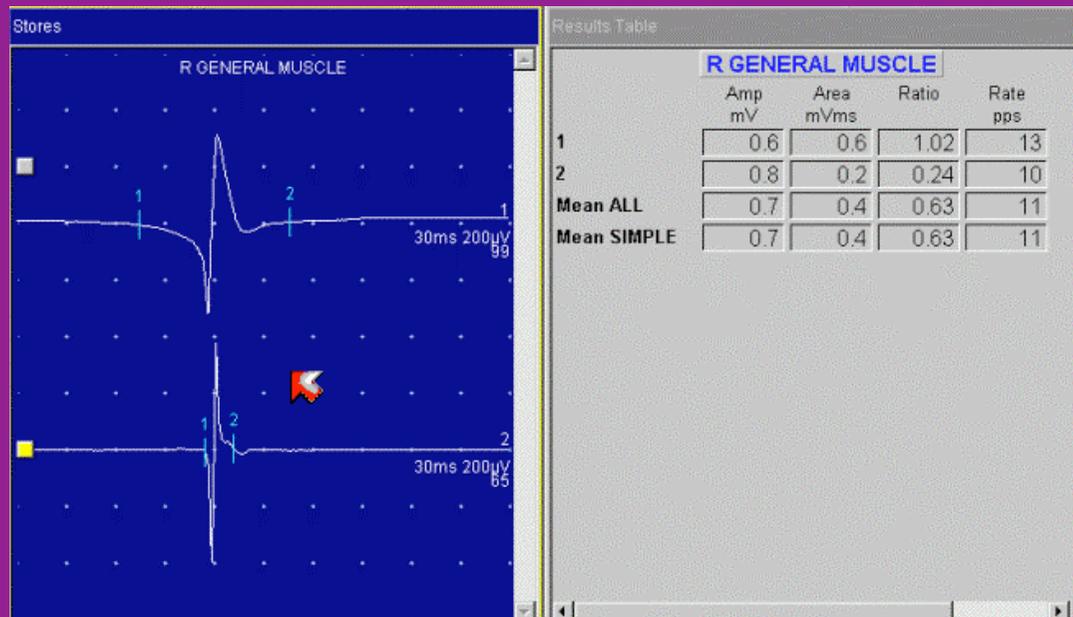
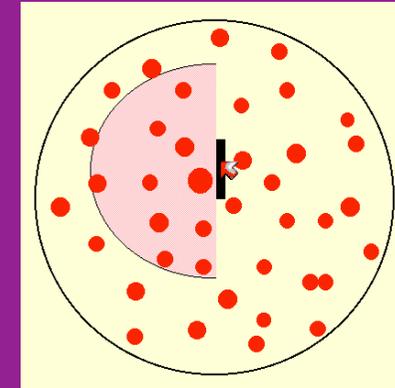
■ **Rise time augmenté**

- densité de fm augmentée (réinnervation)
- dispersion temporelle augmentée
- UM distante



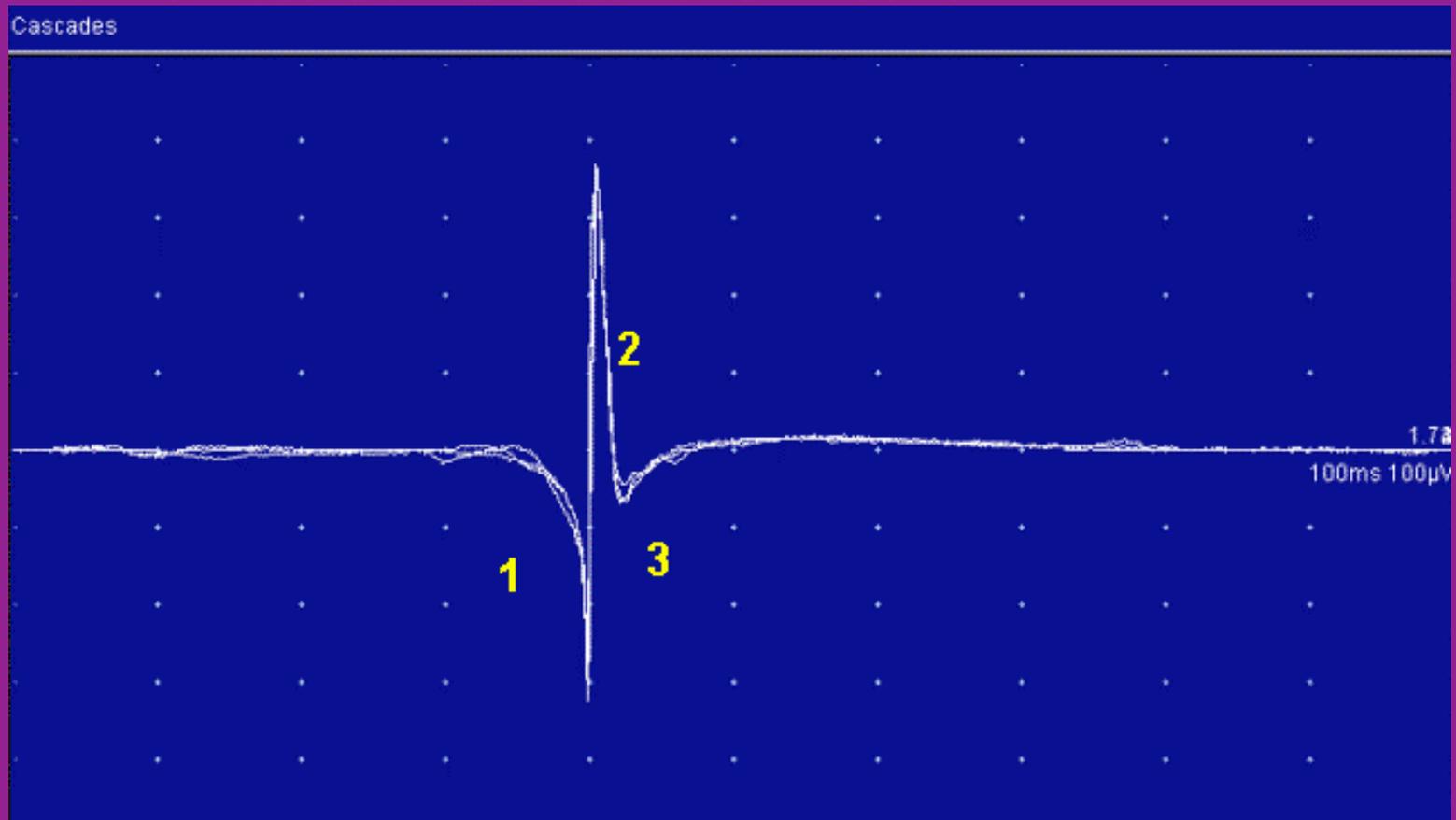
■ **Thickness (Nandedkar et al, 1988)**

- rapport entre la surface (signal rectifié) et l'amplitude (pic à pic)
- **réduit dans les myopathies**
- **size index (Sonoo & Stålberg, 1993) :**
 $2 \times \log_{10}(\text{Ampl}) + \text{Surf}/\text{Ampl}$



■ Nombre de phases

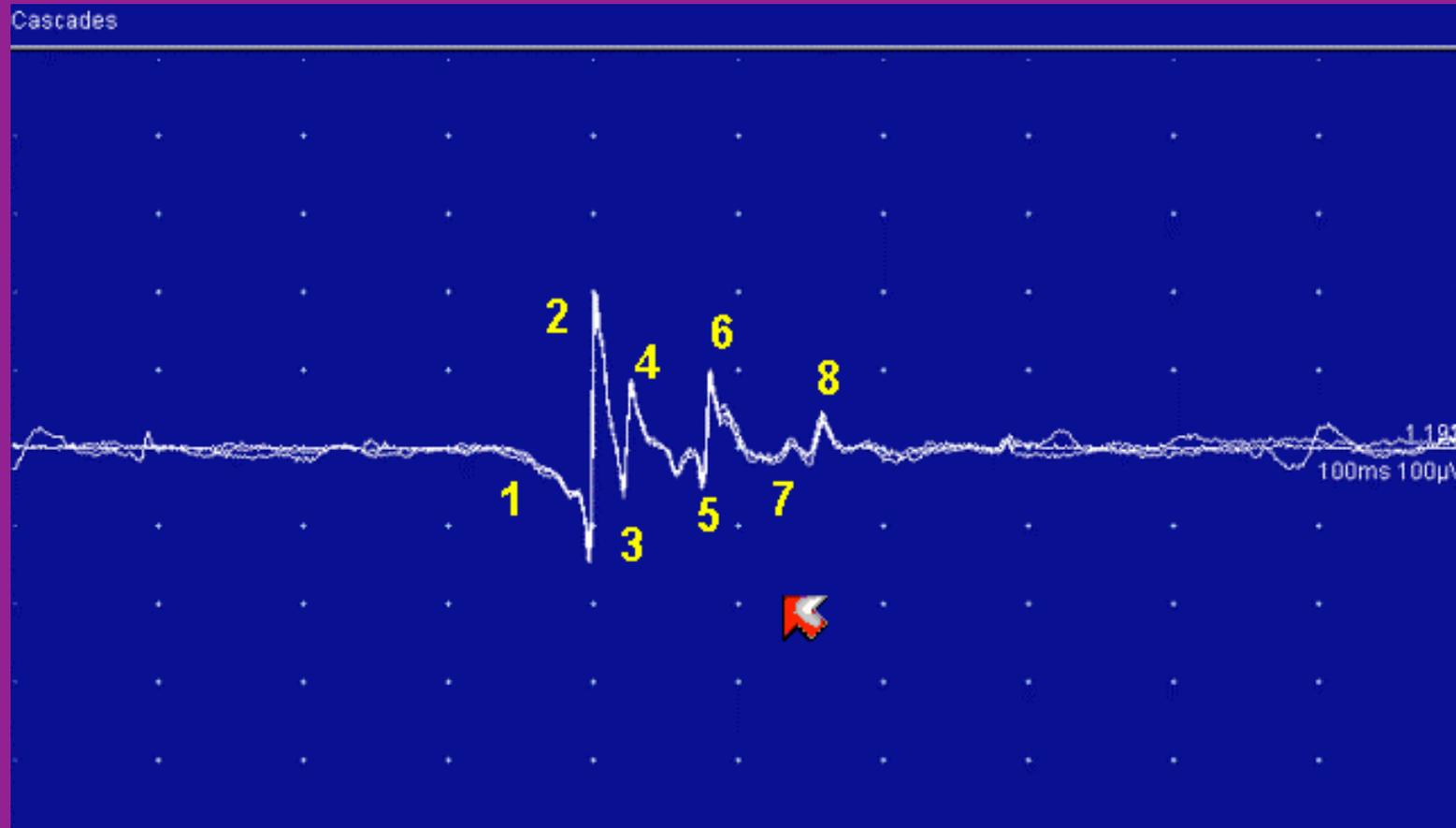
- PUM simple (moins de 5 phases)



Analyse **quantifiée** des PUM

■ Nombre de phases

- PUM polyphasique (5 phases ou plus)



Analyse **quantifiée** des PUM

■ **Nombre de *turns* (Stewart et al, 1989)**

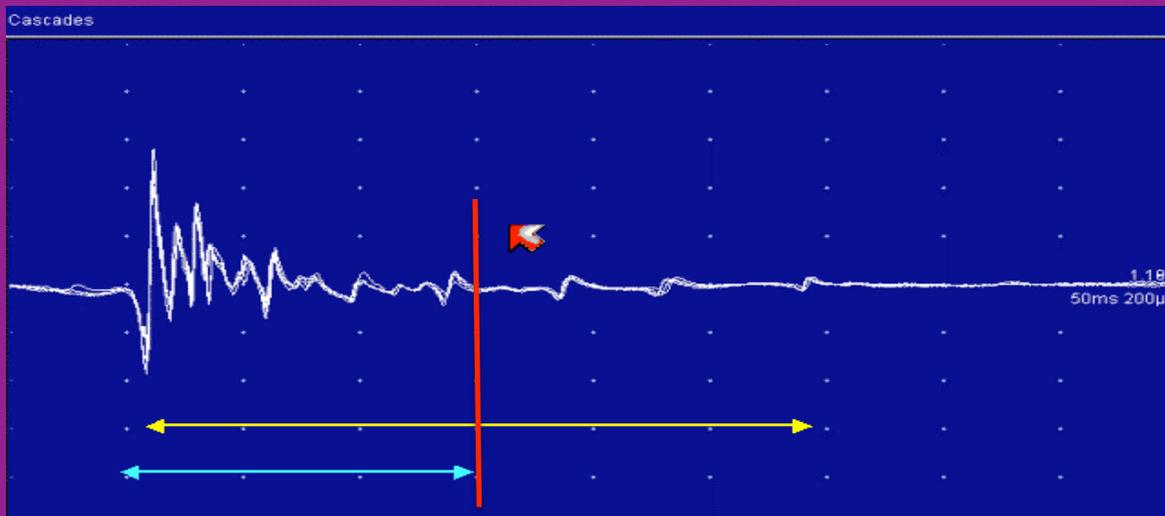
- PUM complexe (6 *turns* ou plus)



Analyse **quantifiée** des PUM

■ PUM complexes ou polyphasiques

- **augmentation de la dispersion temporelle (PUM complexe)**
 - * variabilité du diamètre des fm (**myopathies**)
 - * largeur de la zone des plaques motrices (neuropathies)
 - * ralentissement de la conduction axonale terminale
 - + plus longs segments axonaux terminaux (neuropathies)



- **dans les myopathies, il est préférable de ne pas inclure ces potentiels dans le calcul de la durée moyenne**

■ PUM instables et blocs

- **Neuropathie :**

- *collatérales axonales et plaques motrices immatures (phases précoces de la réinnervation)

- **Myopathie :**

- * réinnervation après nécrose musculaire

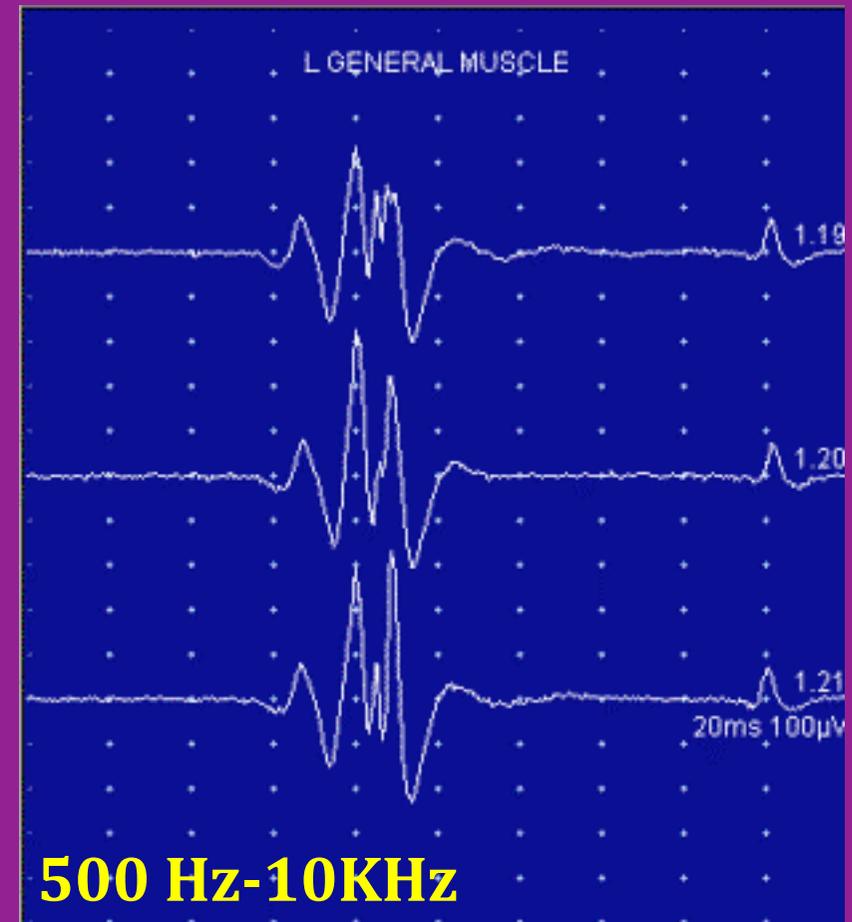
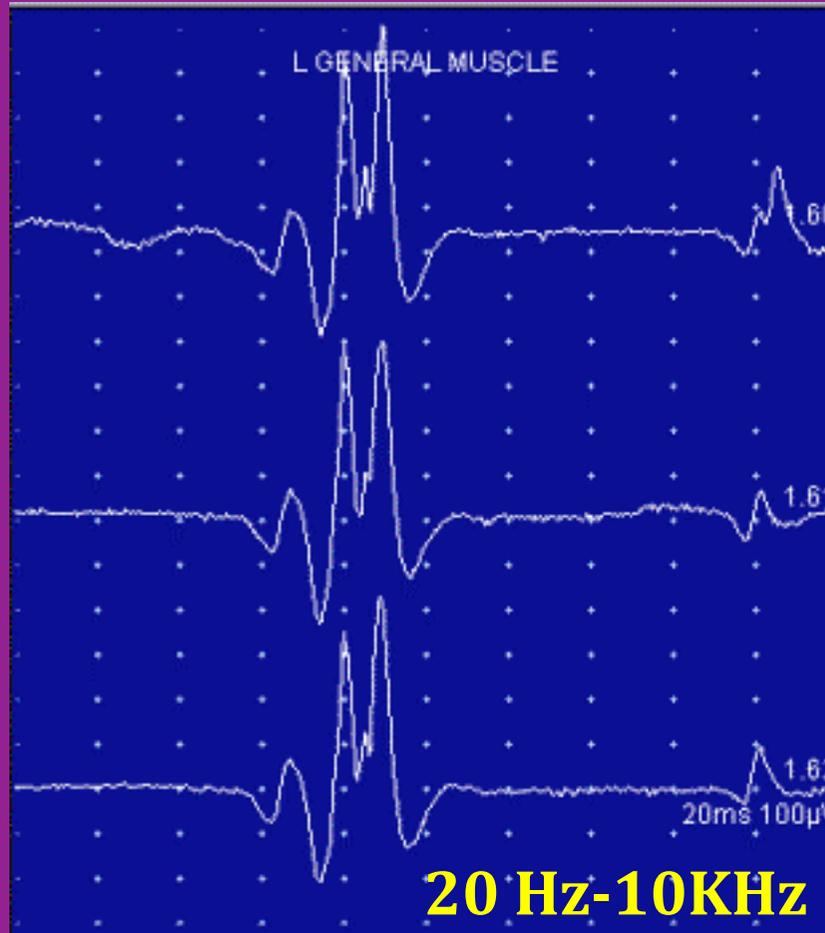
- **Pathologies de la jonction neuromusculaire**

- * déficit en Ach au niveau des terminaisons pré-synaptiques

- * déficit en Rach au niveau des membranes post-synaptiques

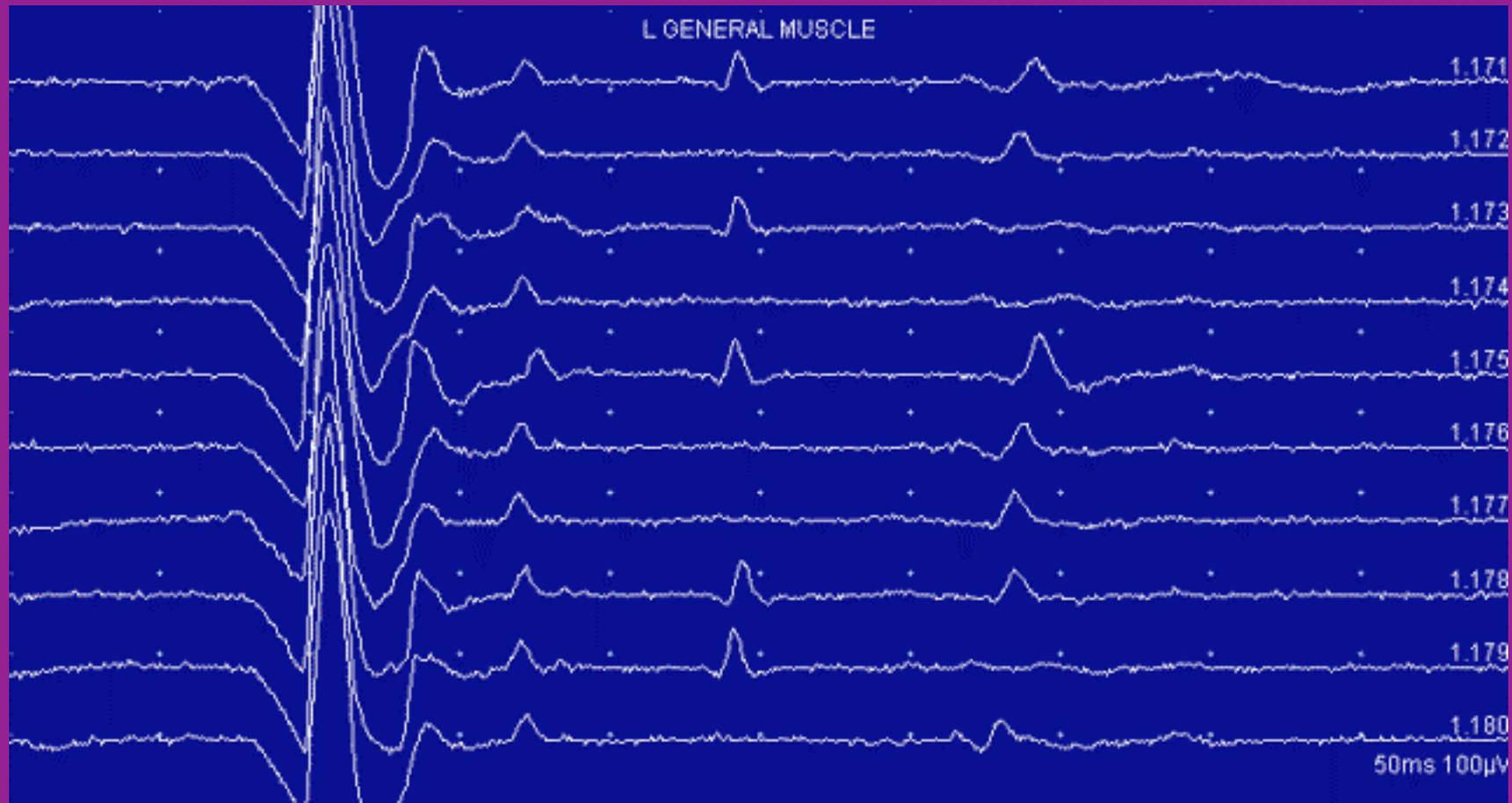
■ Instabilité (*jiggle*)

- réduire la bande passante : **500** Hz-10 KHz



■ Bloc

- réduire la bande passante : **500** Hz-10 KHz



Analyse **quantifiée** des PUM



Multi-MUP

QEMG | Interprétation E... | SF EMG F9 | Stim SF EMG F10 | Test de tétanie I... | Ago/Antago F12

| Interprétation | Activité spontanée | | | | | | Activité volontaire | | | | | | Notes | |
|----------------|--------------------|------|---------|------|-----------|-----------|---------------------|--------|--------|--------|--------|---------|-------|-------------|
| | Activité | Fibs | Ondes + | Fasc | Myotonies | Myokymies | DRC | Amp | Durée | Poly | Stabil | Interf. | | Recrutement |
| Normal | | 0/10 | 0/10 | | | | | Normal | Normal | Normal | Normal | Normal | | |

Droit Tibialis anterior (EMG2) Tampon

3 mV/D 100 ms/D

1 mV/D 50 ms/D

#0

Amplitude [µV]

Durée (ms)

#21

Amplitude [µV]

Tours [# /s]

1000

#21

Paramètres

Spont. act.
 MUP
 IP
 MUP Jitter
 MUPs
 Données

Analyse AI
 Sauver époques
 Pause
 Gauche
 Nouveau muscle
 Résultats

Analyse **quantifiée** des PUM

■ Influences sur les paramètres des PUM

- Age :

* perte d'UM (-> réinnervation) progressive (**Buchthal, 1991**) ou > 60 ans d'UM (**Bischoff et al, 1991**)

* amplitude et durée augmentées

* **ne pas surinterpréter** de discrètes anomalies chez le sujet âgé

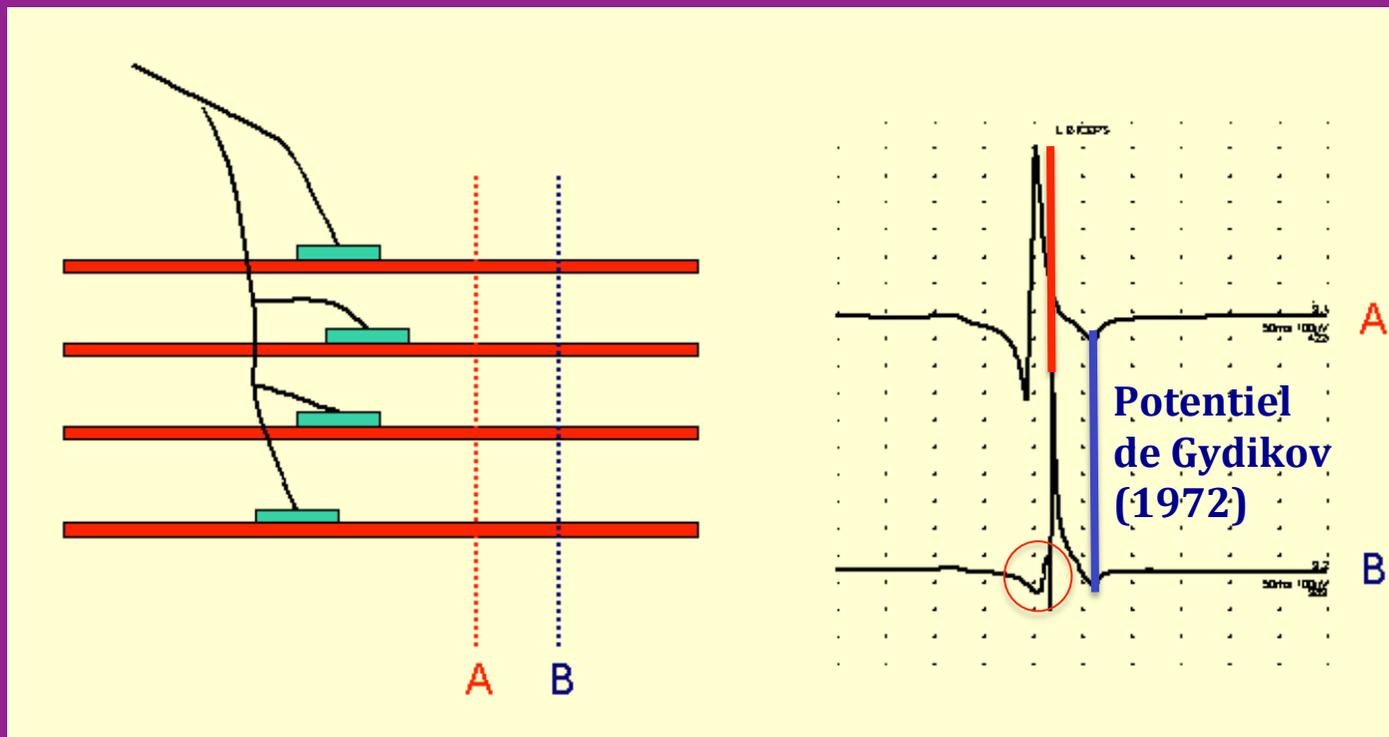
- Baisse de **température**

* **dispersion augmentée** -> durée et proportion de polyphasiques augmentées

* **augmentation** de la dispersion et de l'**amplitude** des potentiels de fm -> effets variables sur l'amplitude des PUM

■ Influences sur les paramètres des PUM

- **Type d'électrode** : monopolaire, concentrique (0,02 ou 0,07 mm²)
- **Position de l'aiguille** par rapport à la zone des plaques motrices



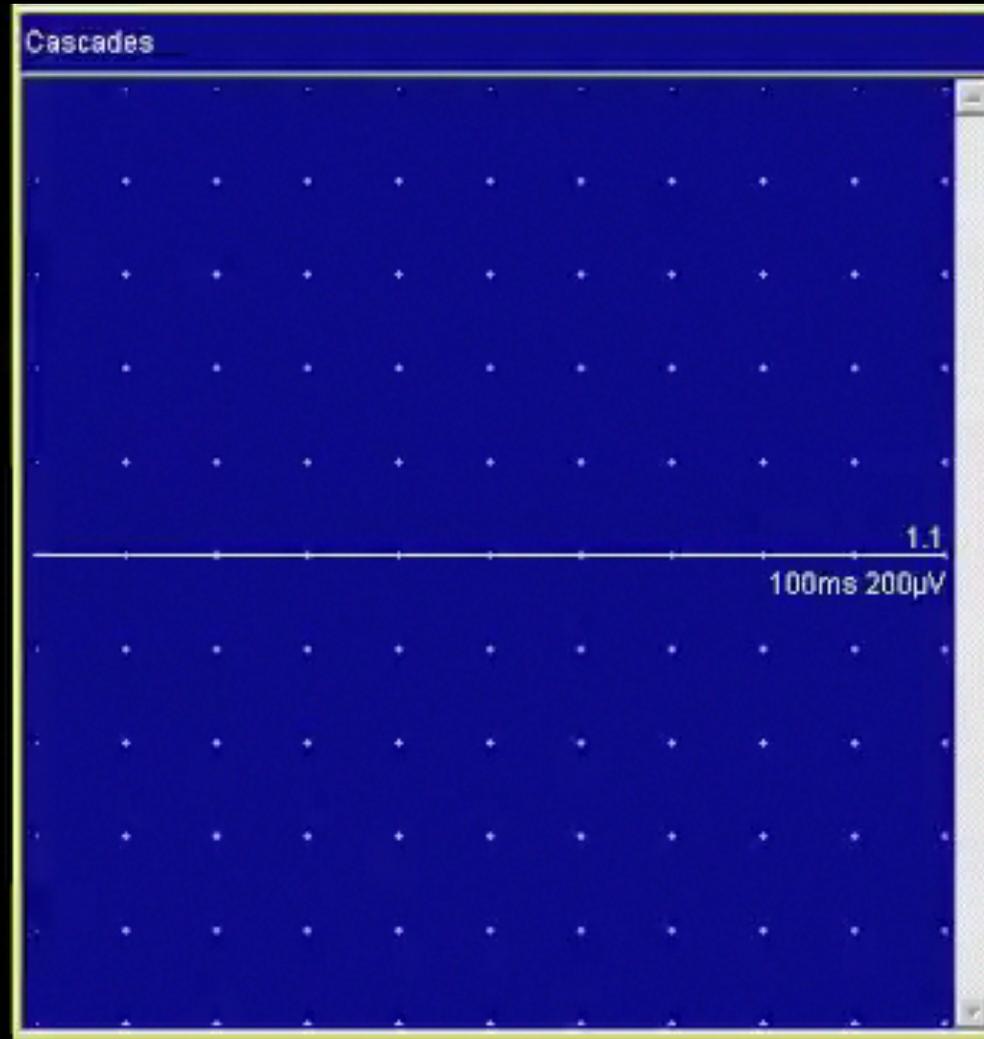
■ Valeurs de référence

| | Amplitude (μV) | Durée (ms) | Morphologie |
|-------------------------------------|--------------------------------|---------------|------------------|
| Valeurs individuelles (Outliers) | 100-1800 | 5-18 | Simple et stable |
| Amplification utile | 2 mV | | |
| Base de temps utile | | 10 ms/D | |
| Valeurs moyennes | 200-800 | 8-15 | |
| Triceps et tibial antérieur | + | | |
| Petits muscles distaux | + | - | |

■ Valeurs de référence

| | AMPLITUDE (μV) | | DUREE (ms) | | SIZE INDEX | |
|---------------|-----------------------------|-----------------|------------|-------------------|--------------|------------------|
| | Individuel | Moyenne (n=20) | Individuel | Moyenne (n=20) | Individuel | Moyenne (n=20) |
| PUM | | | | | | |
| Deltoïde | 162-1531 | 295-676 | 4,2-18,4 | 7,78-13,1 | -0,478-2,916 | 0,31-0,85 |
| Biceps | 178-1414 | 245-617 | 4,2-16,4 | 7,04-12,72 | -0,539-2,053 | 0,33-0,65 |
| Ier IO | 188-2301 | 347-1148 | 4-18 | 6,78-12,1 | -0,912-2,281 | 0,38-0,98 |
| Vaste externe | 172-1954 | 302-1096 | 4,6-21,6 | 7,97-15,49 | -0,478-2,916 | 0,39-1,24 |
| Tibial ant. | 194-1572 | 324-977 | 4,6-18,4 | 8,92-13,92 | -0,397-2,463 | 0,30-1,17 |

■ Exemple chez un sujet sain



Analyse **quantifiée** des PUM

■ Immédiatement

- aucune activité volontaire
- aucune activité de repos
- la moindre activité est de bon pronostic (atteinte incomplète)

■ Quelques semaines plus tard

- dégénérescence des axones distaux par rapport à la lésion
- fibrillation et pointes positives
- aucune activité volontaire

■ Réinnervation terminale

- PUM naissants : courts, complexes, intables
- instabilité = réinnervation en cours -> bon pronostic
- fibrillation et pointes positives

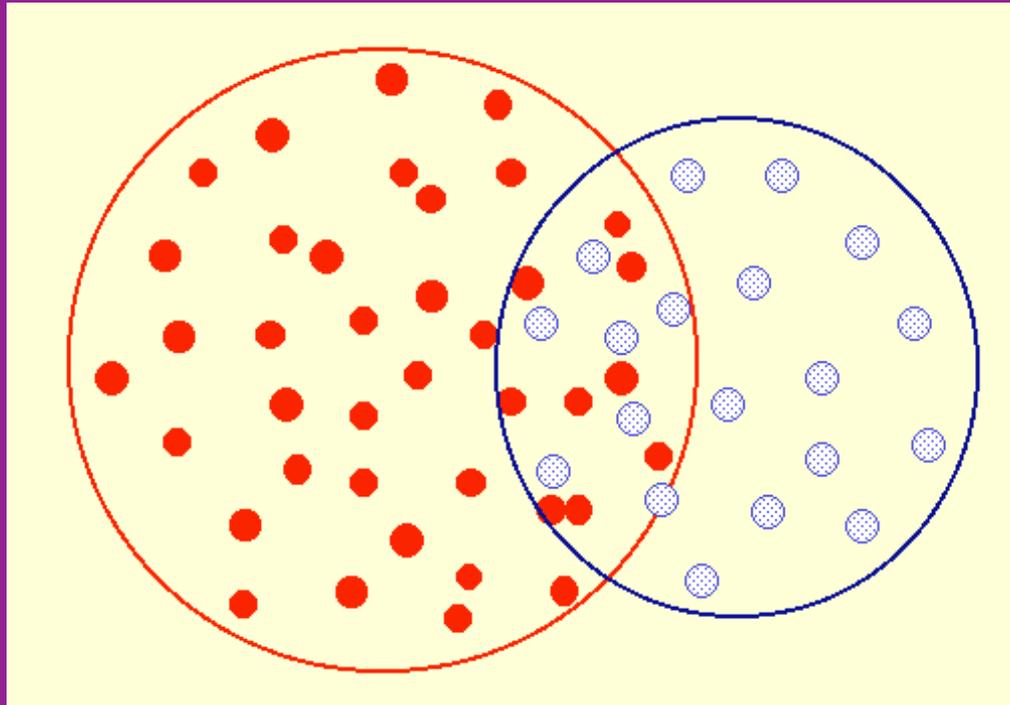
■ Remodelage de l'UM terminé

- PUM stables (variables en amplitude, durée et nombre de phases)

Dénervation complète

■ Immédiatement

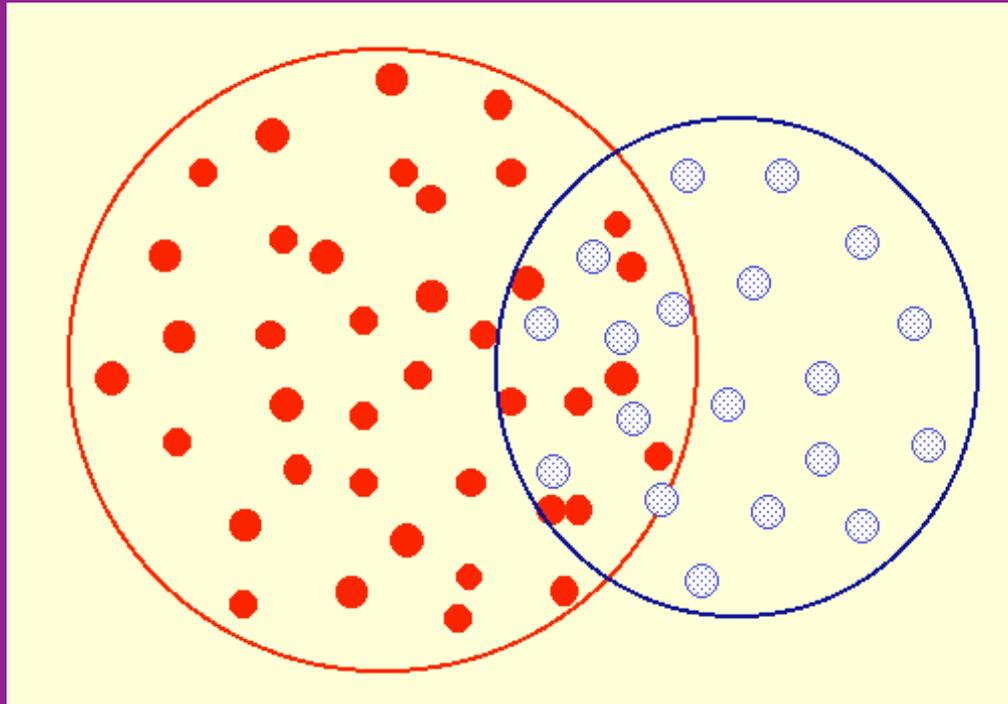
- **PUM normaux**
- pas d'activité de repos
- réduction du nombre de PUM -> **appauvrissement**
- augmentation de la **fréquence** de décharge



Dénervation partielle

■ 2-4 semaines plus tard

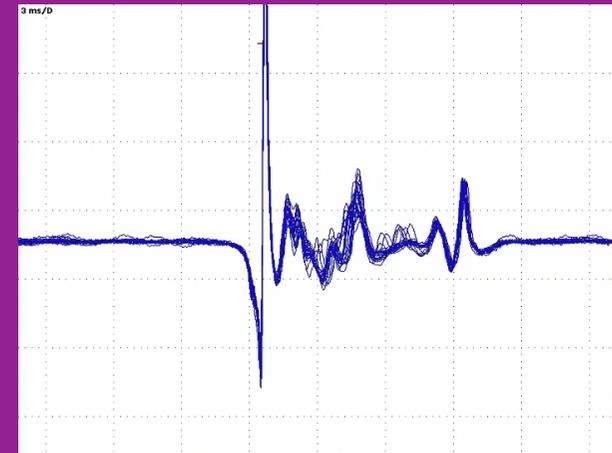
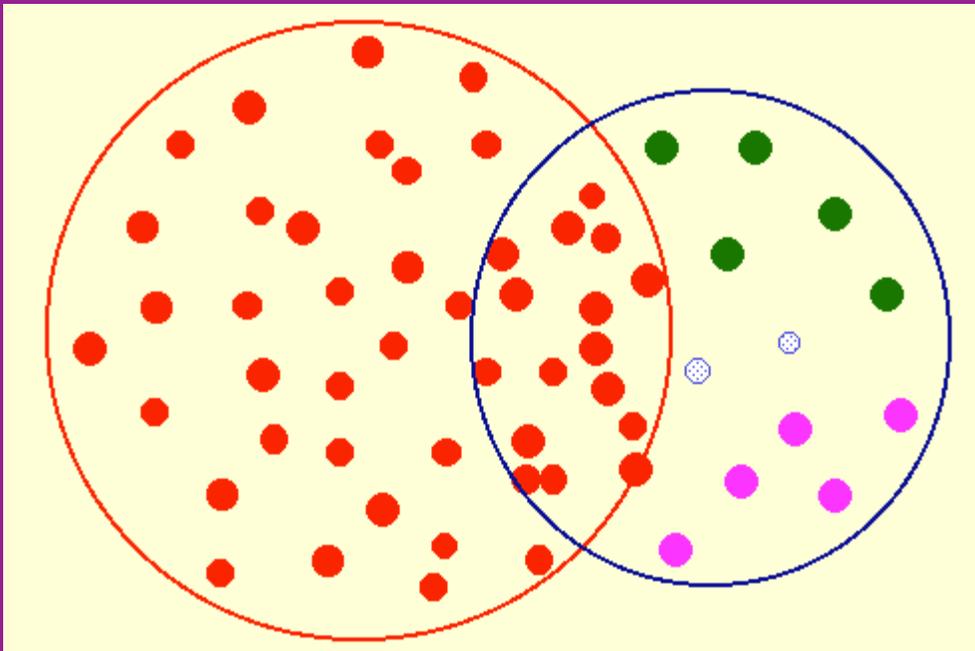
- PUM normaux
- **fibrillations et pointes positives**
- réduction du nombre de PUM -> **appauvrissement**
- augmentation de la **fréquence** de décharge



Dénervation partielle

■ 3-4 mois plus tard

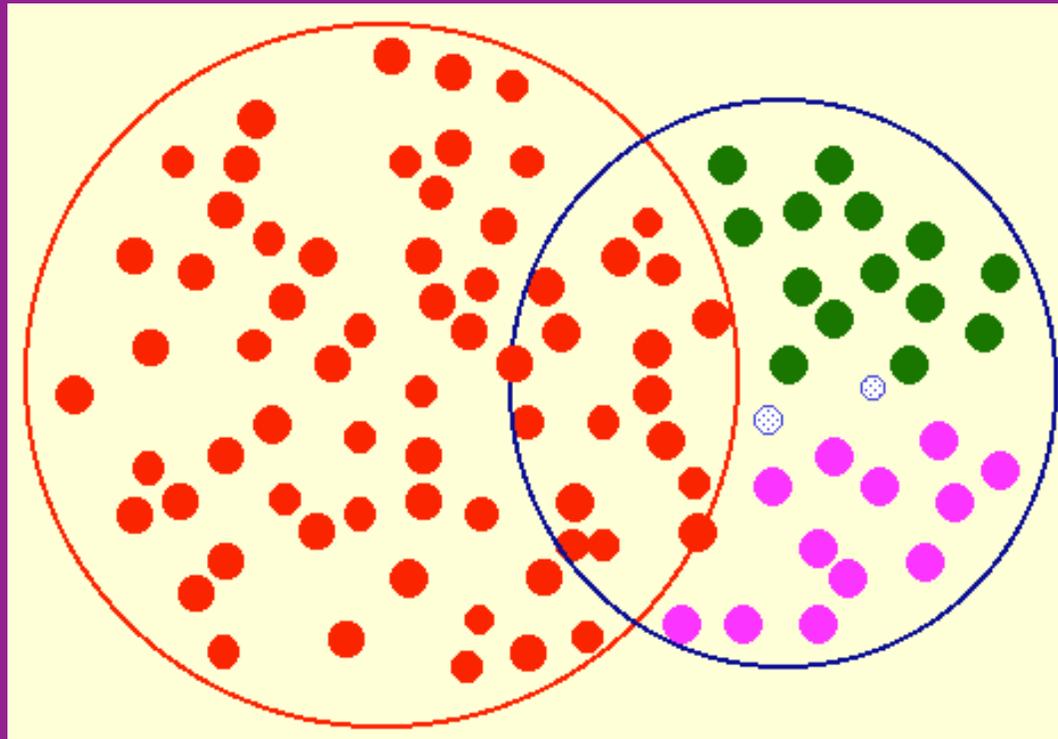
- réinnervation collatérale -> **PUM instables et complexes** -> augmentation modérée de l'amplitude et de la durée
- **fibrillations et pointes positives**
- réduction du nombre de PUM -> **appauvrissement**
- augmentation de la **fréquence** de décharge



Dénervation partielle

■ 1-2 ans plus tard

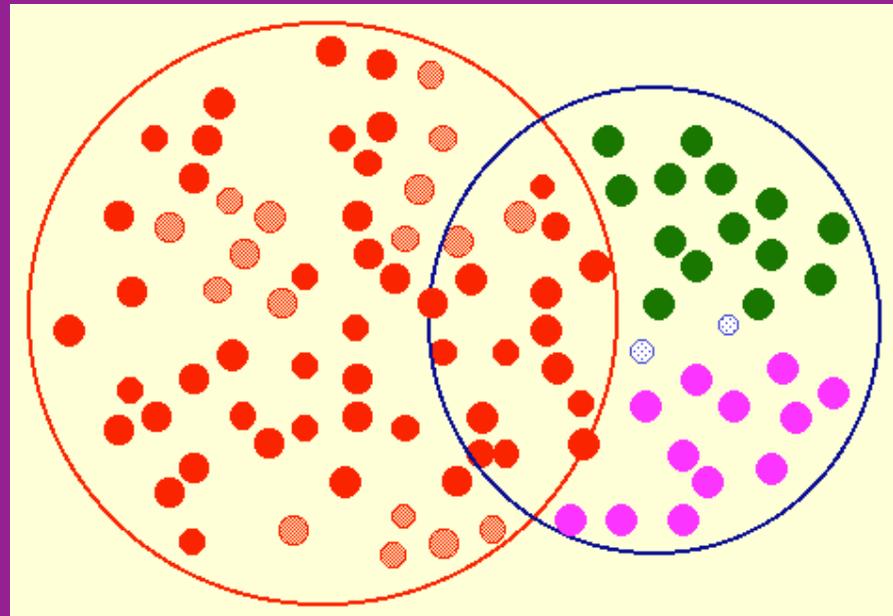
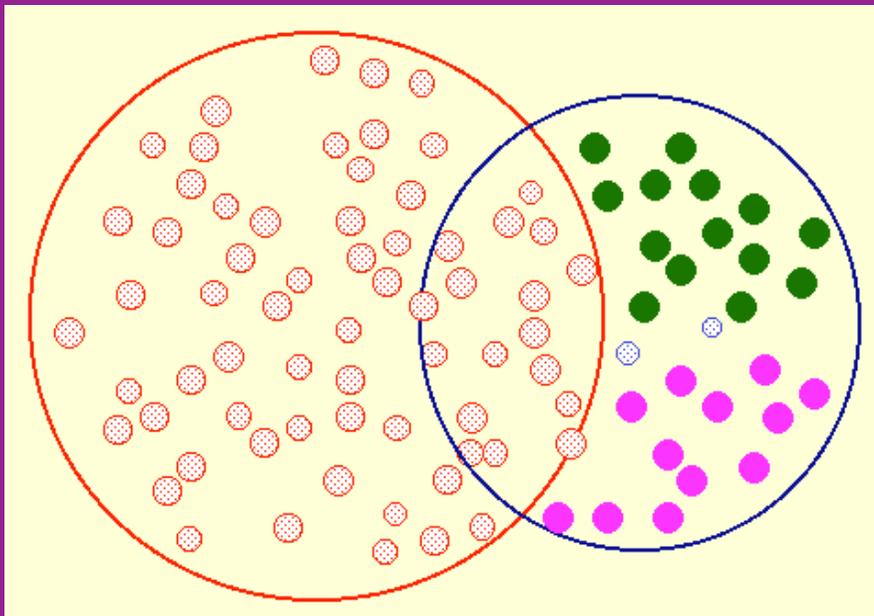
- PUM stables + **augmentation nette de l'amplitude et de la durée**
- **peu ou plus** de fibrillations et pointes positives
- réduction du nombre de PUM -> **appauvrissement**
- augmentation de la **fréquence** de décharge



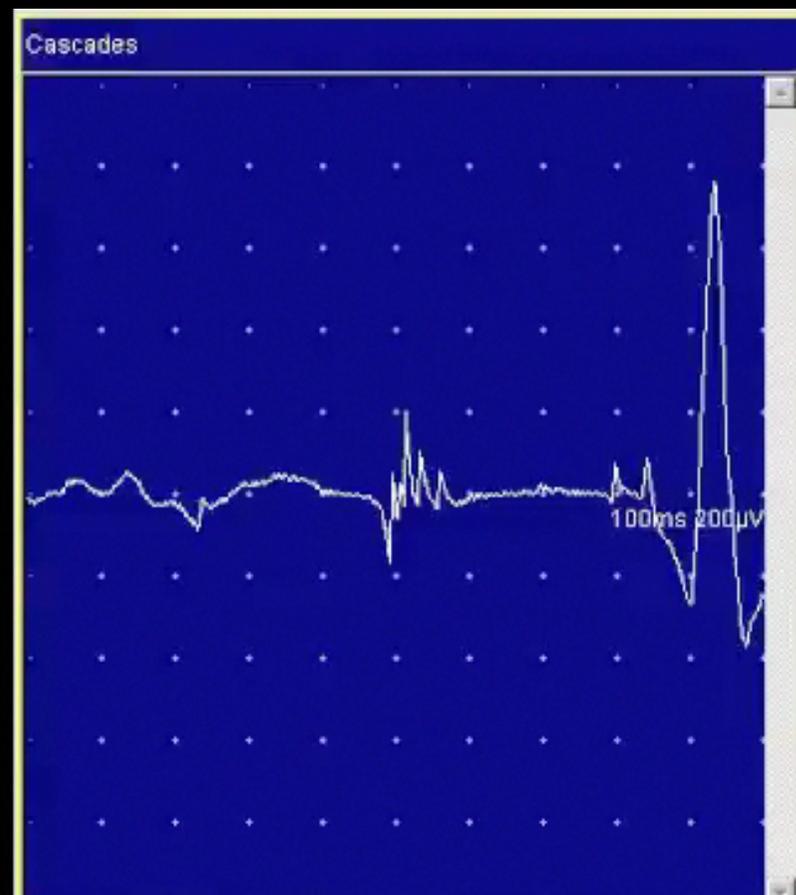
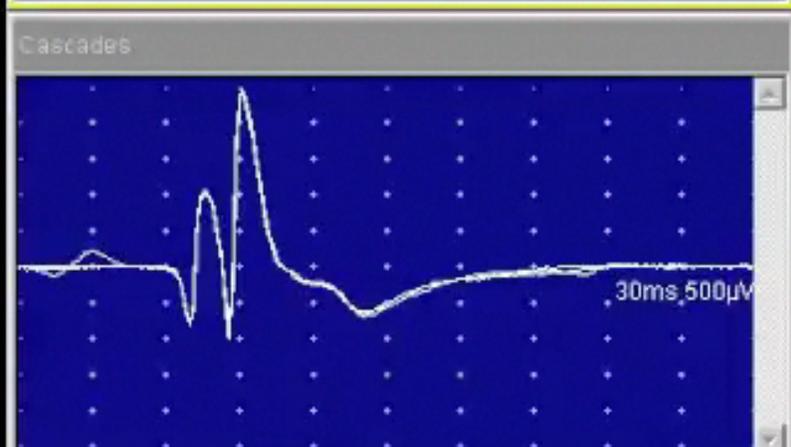
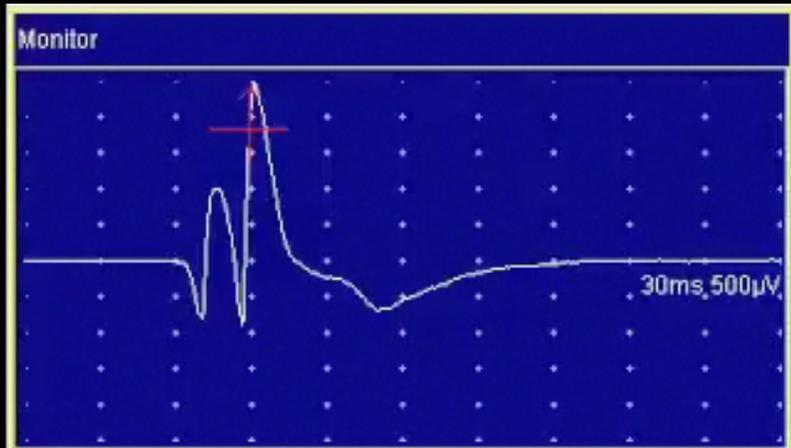
Dénervation partielle

■ Perte liée à l'âge d'une grande UM et involution terminale

- parfois responsable d'un accès de faiblesse à distance de la pathologie initiale



Dénervation partielle



Dénervation partielle

■ Démyélinisation

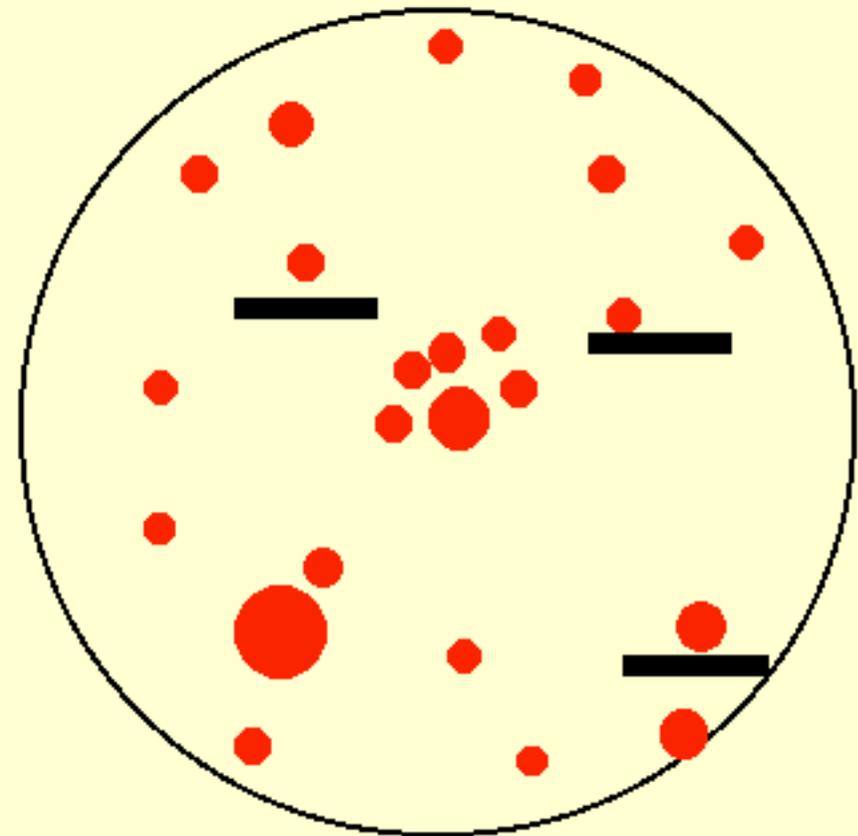
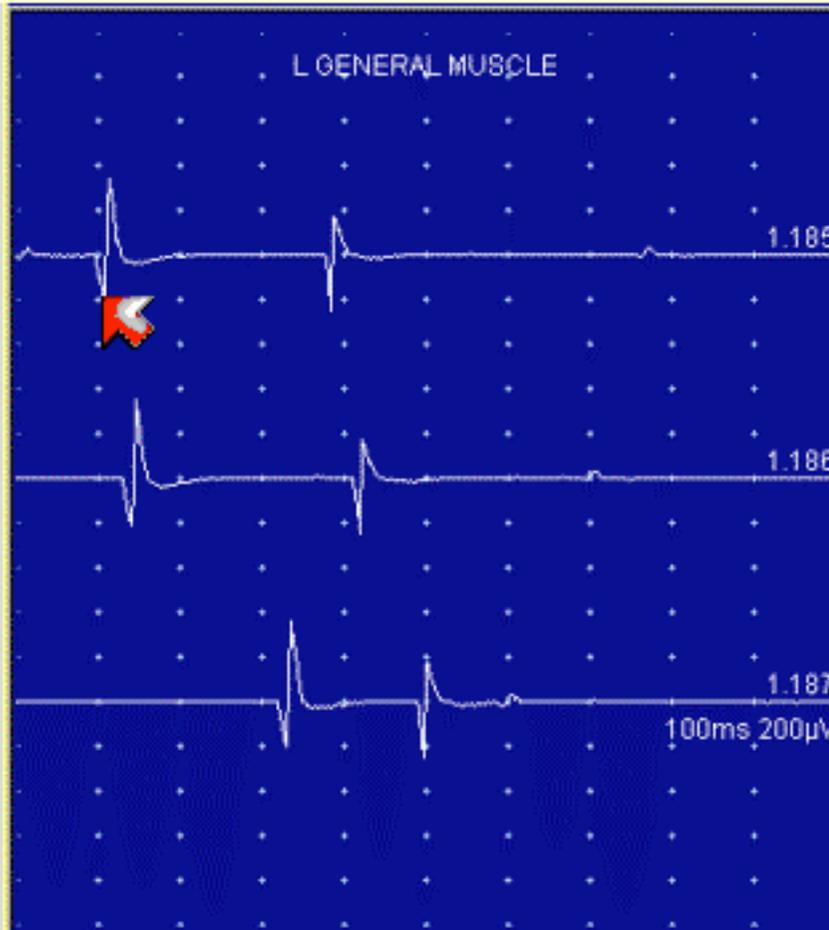
- PUM normaux

■ BC

- **appauvrissement** des tracés volontaires (cas sévères)
- PUM normaux
- **fréquence de décharge normale ou augmentée**
- pas d'activité de repos

■ **Enregistrements très variables en fonction de la position de l'aiguille électrode au sein de l'UM**

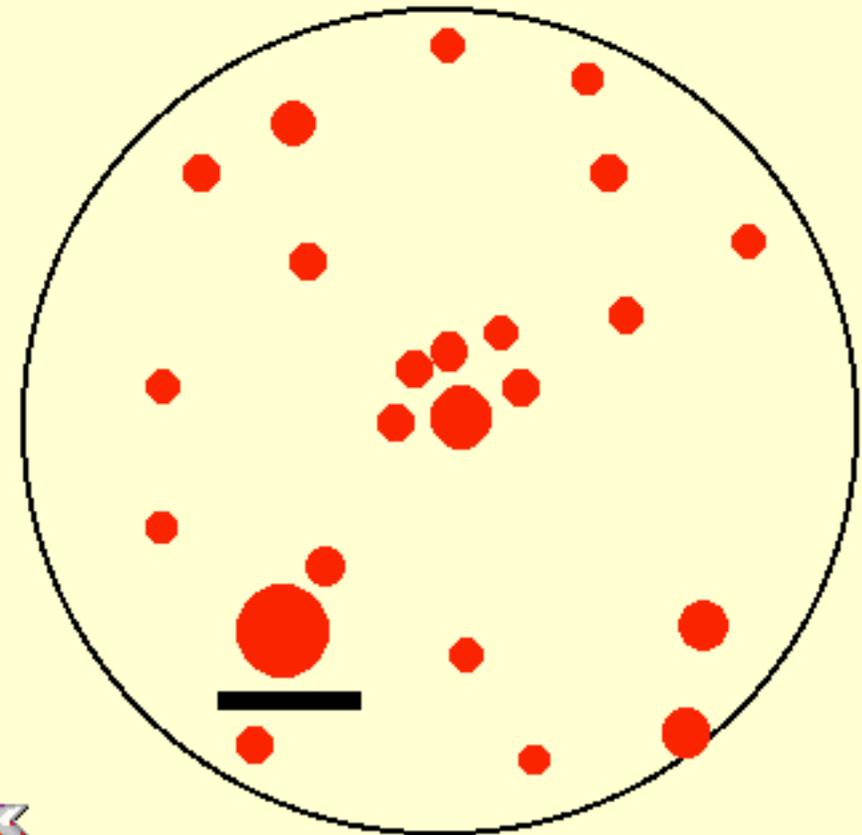
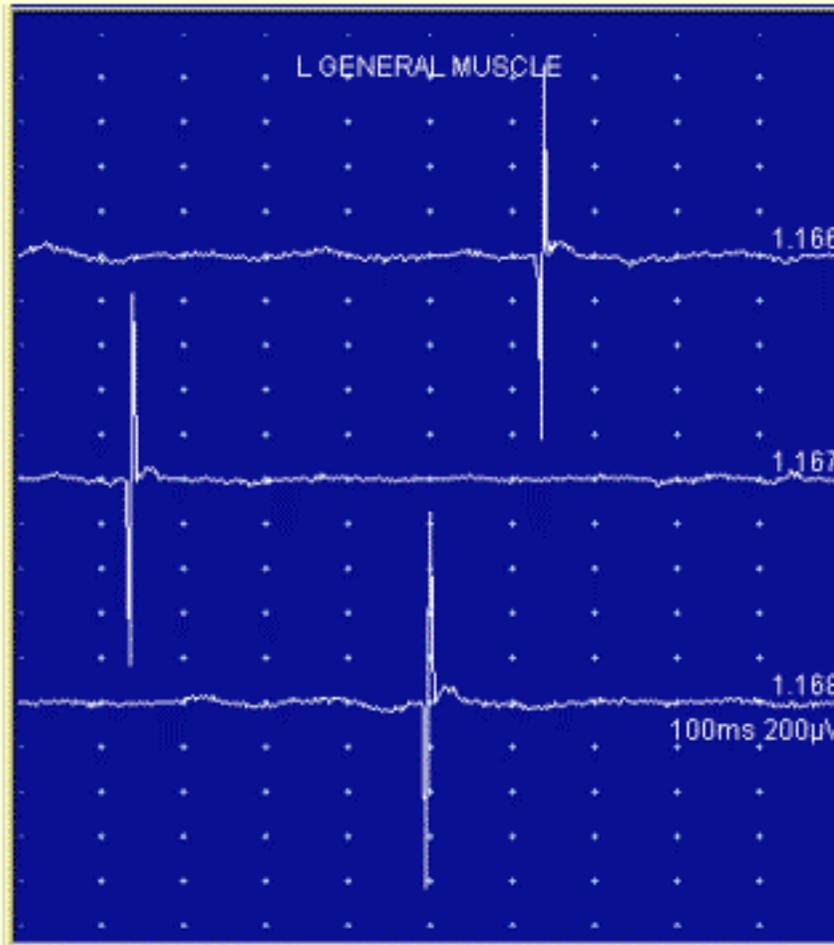
- Nombre de fibres musculaires réduit
- Fibres musculaires atrophiques
- Fibres musculaires hypertrophiques
- Fibres musculaires réinnervées
- Fibres musculaires scindées longitudinalement
- Transmission ephaptique



Myopathy

- amplitude normale
- durée, surface, thickness réduites
- morphologie simple

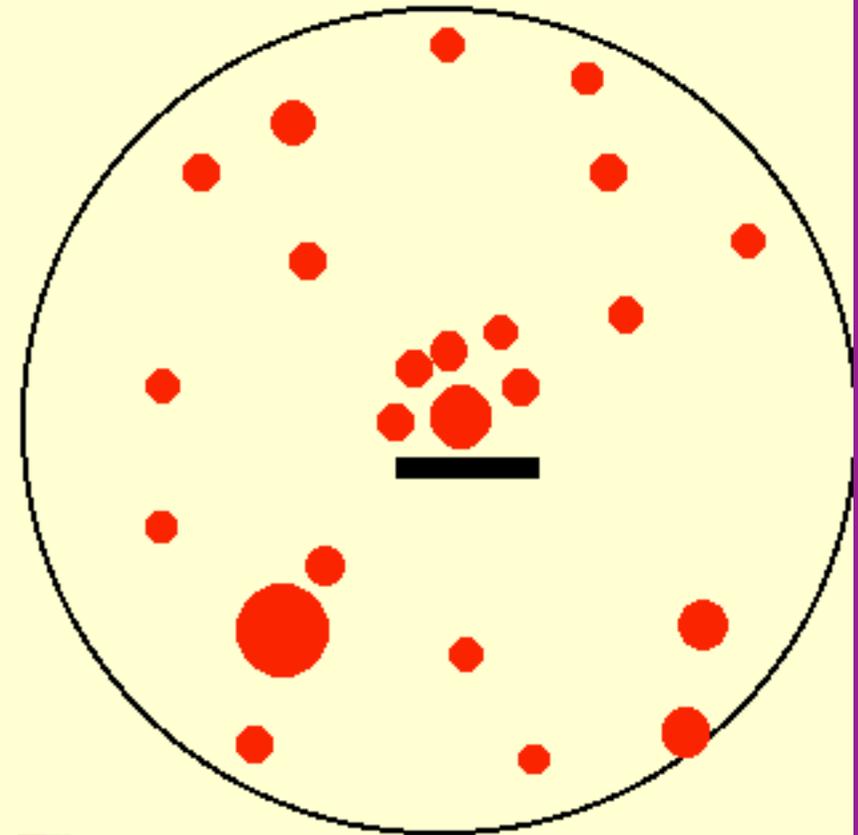
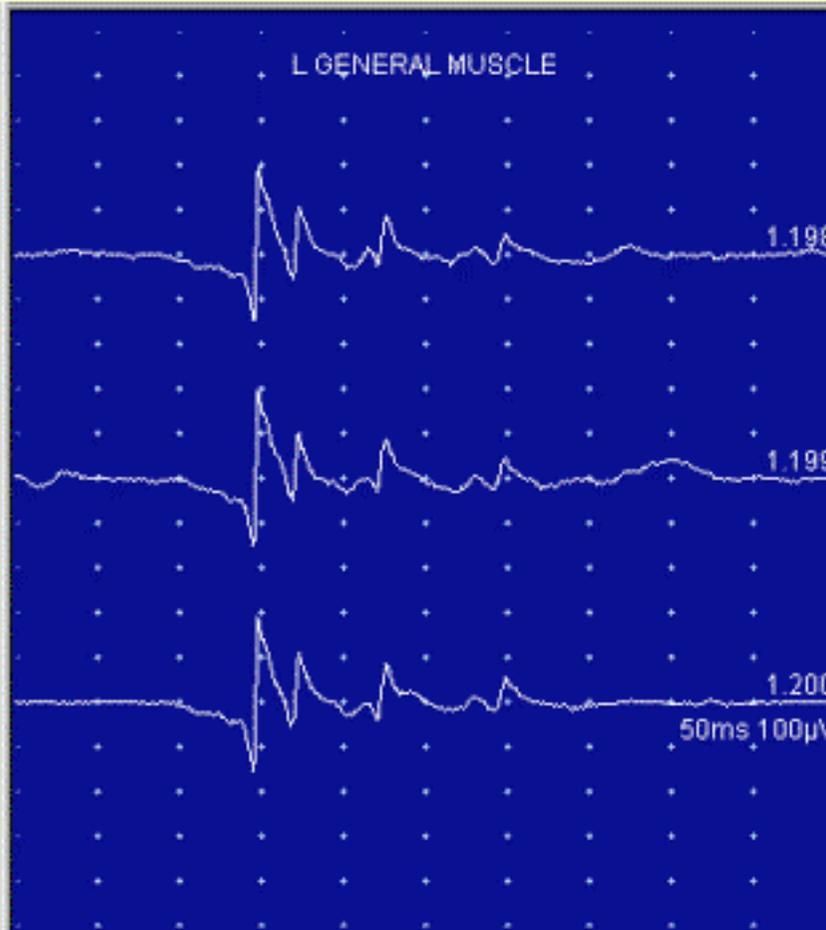
Myopathies



Myopathy

- amplitude augmentée
- surface et durée -, *thickness* --
- morphologie simple

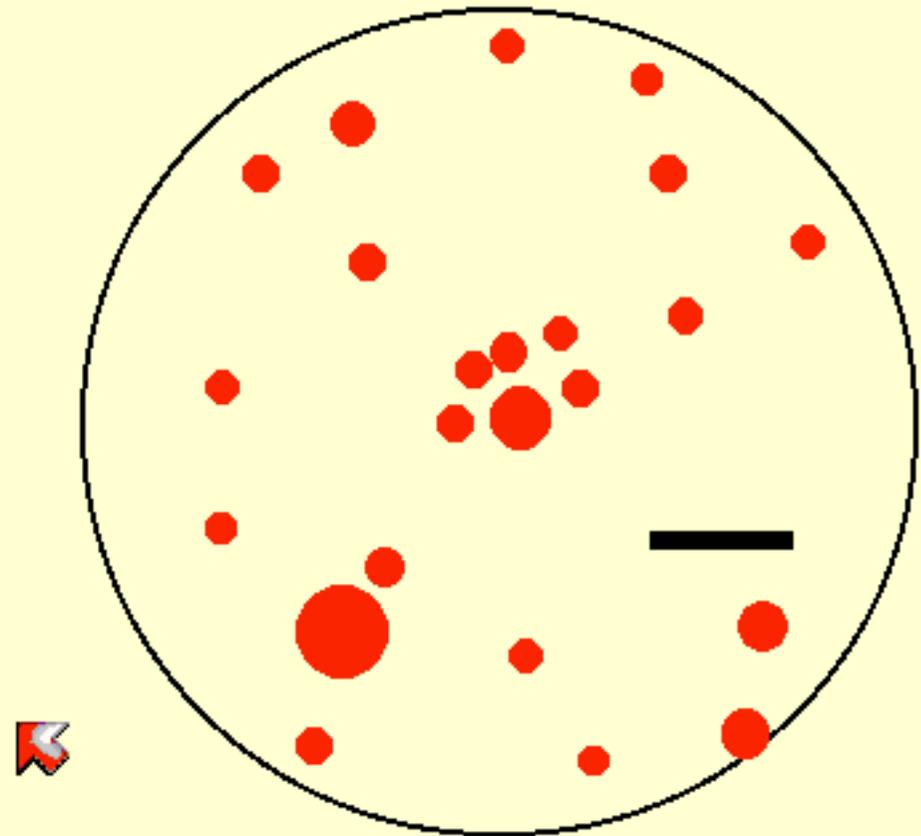
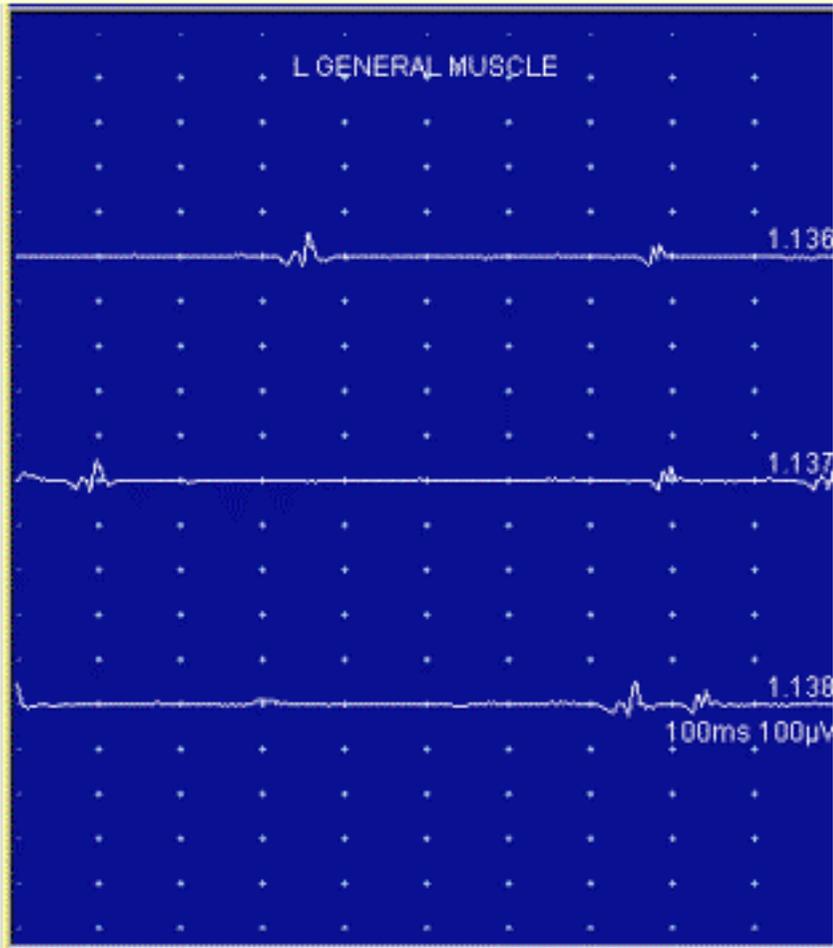
Myopathies



Myopathy

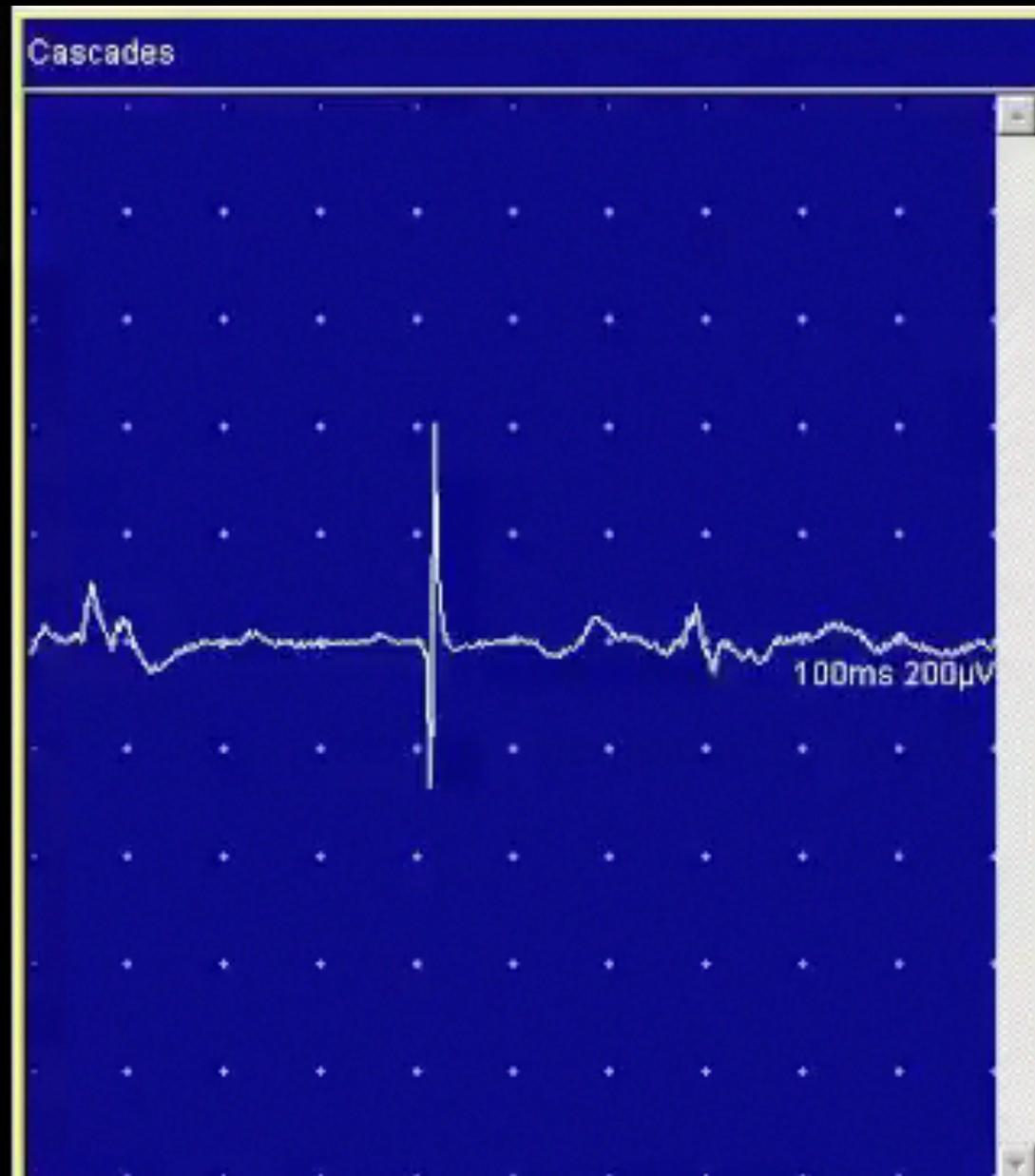
- dispersion augmentée : durée augmentée, PUM complexe
- observé également dans les neuropathies
- à ne pas inclure dans le calcul de la durée moyenne des PUM

Myopathies



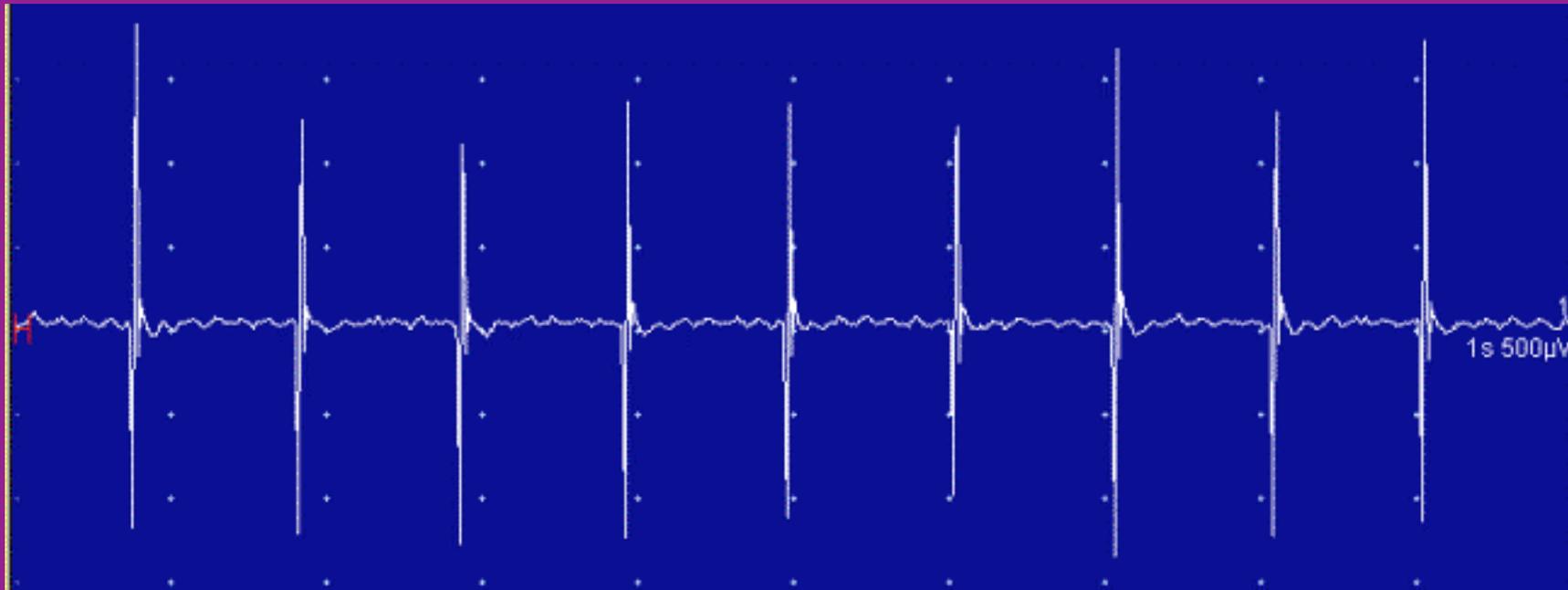
- amplitude et durée réduites
- rise time $> 500 \mu s$

Myopathies



Myopathies

- PUM instables -> **Jiggle augmenté et amplitude variable**
(à distinguer du phénomène d'aliasing)
- **durée réduite** (cas sévères avec bloc)



Maladies de la jonction neuromusculaire (Harvey & Marsland, 1941)

■ Amplitude du tracé d'interférence

- < 2 mV + son aigu + interférence précoce : **myopathie**

■ Amplitude des PUM

- ne reflète pas directement la taille des UM -> est surtout utile en association avec le paramètre durée
- diminuée : 1 UM distante, **perte en fm** (*rise time* < 500 μ s), PUM naissant après dénervation complète
- augmentée : peut résulter uniquement de la proximité d'une ou deux fm de l'électrode-aiguille

■ Amplitude moyenne des *turns*

- augmentée (*cloud*) + PUM de grande taille : **neuropathie chronique**
- diminuée (*cloud*) + son aigu : **myopathie**

En résumé : paramètre amplitude

■ Durée des PUM

- standardiser la mesure manuelle (ex: $200 \mu\text{V}/\text{D}$) ou utiliser un programme d'analyse automatique des PUM (Multi MUP, ADEMG) ATTENTION éliminer 1) les PUM sélectionnés avec des curseurs placés de façon erronée, 2) les doublons, 3) les petits PUM dont le rise time est $> 500 \mu\text{s}$, 4) PUM $< 50 \mu\text{V}$ et 5) PUM avec phase initiale négative (bi ou triphasique, inversé = PA de canule)
- paramètre le plus robuste qui reflète +/- la taille des UM
- augmentée + amplitude augmentée : **neuropathie chronique**
- diminuée : 1 UM distante, **perte en fm** (*rise time* $< 500 \mu\text{s}$), PUM naissant après dénervation complète
- diminuée + amplitude normale ou augmentée (*thickness* réduite) : **myopathie**

En résumé : paramètre durée

■ Polyphasiques et PUM complexes

- **se méfier des polyphasiques et des PUM complexes**
- signification aspécifique : une certaine proportion dans les muscles sains, neuropathie, myopathie ou artefact (plus on s'éloigne de la zone des plaques motrices et plus les PUM sont complexes)
- ne pas inclure les PUM complexes dans le calcul de la durée moyenne des PUM

■ PUM instables

- toujours pathologique, mais aspécifique : myopathie, neuropathie, maladies de la jonction neuromusculaire
- filtre basse-fréquence : **500 Hz**

En résumé : morphologie des PUM

■ Intervalle et fréquence de recrutement

- permet parfois de lever un doute chez des patients peu collaborants ou des patients qui ne peuvent réaliser un effort de contraction maximal

■ RR

- idem

Tracés pseudo-myogènes dans des neuropathies (SLA) et tracés pseudo-neurogènes dans des myopathies (IBM) -> il faut parfois privilégier des muscles peu atteints où les anomalies sont plus caractéristiques

| | Fibrillations Pointes + | Tracés d'interférence | PUM |
|--|----------------------------|--|---|
| Dénervation complète | 4-10 | 0 | |
| Dénervation d'installation récente | 4-10 | N Appauvri Fréquence N ou + | Ampl N Dur N Poly |
| Dénervation subaigüe | 4-10 | N Appauvri Fréquence N ou + | Ampl N ou + Durée N ou + Poly et instables |
| Myopathie (infla ou dystrophie) | 4-10 | N Riche précoce , N ou appauvri <i>Cloud</i> : N ou déplacé en bas à droite | Ampl - , N ou + Durée - ou N Poly et instable |
| Myopathie | 0-3 | N Riche précoce , N ou appauvri <i>Cloud</i> : N ou déplacé en bas à droite | Ampl - , N Durée - ou N Poly |
| Dénervation chronique | 0-3 | N Appauvri Fréquence N ou + <i>Cloud</i> : N ou déplacé en haut à gauche | Ampl + Durée + |

En résumé : interprétation des tracés