

L'onde F dans tous ses états

François Charles Wang, Nicolas Massart, Jean-François Kaux, Olivier Bouquiaux

Service de Médecine Physique et de l'Appareil Locomoteur

CHU Sart Tilman B35

4000 Liège, Belgique

Correspondance et demande de tirés à part à adresser au :

Docteur François Charles Wang

Service de Médecine Physique et de l'Appareil Locomoteur

CHU Sart Tilman B35

4000 Liège, Belgique

fc.wang@chu.ulg.ac.be

Résumé

C'est Magladery et McDougal (1950) qui, les premiers, ont constaté l'existence des réponses F au niveau du pied (F pour *foot*) chez l'homme. Dawson et Merton (1956) ont ensuite démontré que celles-ci ne résultent pas d'un réflexe, mais de la décharge des motoneurones suite à leur activation rétrograde par des volées d'influx centripètes. L'onde F se traduit au niveau musculaire, par une réponse indirecte (dont la latence diminue lorsque le site de stimulation nerveuse s'éloigne du site de détection musculaire), tardive (survenant après la réponse M), de longue latence. Lors d'une stimulation nerveuse supramaximale, une ou plusieurs unités motrices participent à la formation de la réponse F. Lorsque la stimulation nerveuse est répétée, les unités motrices, générant l'onde F, changent d'une stimulation à l'autre, induisant une variabilité en latence, durée, amplitude et forme de la réponse tardive. Cette variabilité est principalement liée au niveau d'excitabilité des motoneurones α . En clinique, le paramètre le plus utile est la latence minimale, à condition qu'au moins 7 ondes F distinctes soient évoquées. Lorsque l'analyse est relative soit au côté controlatéral, soit à un examen antérieur, ce paramètre est un des plus sensibles en électroneuromyographie.

1. États généraux

La stimulation électrique exogène d'un tronc nerveux périphérique contenant des fibres motrices engendre une dépolarisation des axones moteurs et un potentiel d'action (PA) propagé de façon orthodromique (dans le sens physiologique de la propagation des influx nerveux) et antidromique (dans le sens opposé). Les PA, propagés de façon orthodromique, sont responsables d'une réponse musculaire directe (dont la latence diminue lorsque le site de stimulation nerveuse se rapproche du site de détection musculaire), précoce de courte latence (réponse M). Les PA, propagés de façon antidromique, gagnent la corne antérieure de la moelle où certains motoneurones, activés par cet influx, peuvent initier un nouveau PA au niveau du segment proximal de leurs axones se propageant alors orthodromiquement. Il en résulte au niveau musculaire, une réponse dite indirecte (dont la latence diminue lorsque le site de stimulation nerveuse s'éloigne du site de détection musculaire), tardive (survenant après la réponse M), de longue latence (réponse F).

C'est Magladery et McDougal (1950) qui, les premiers, ont observé ces réponses tardives au niveau du pied chez l'homme, d'où leur appellation (F pour *foot*). Dawson et Merton (1956) ont ensuite démontré que celles-ci ne résultait pas d'un réflexe, mais de la décharge des motoneurones suite à leur activation rétrograde par des volées d'influx centripètes.

Lors d'une stimulation nerveuse supramaximale, une ou plusieurs unités motrices (UM) participent à la formation de la réponse F. Lorsque la stimulation nerveuse est répétée, les UM, générant l'onde F, changent d'une stimulation à l'autre, induisant une variabilité en latence, durée, amplitude et forme de la réponse tardive enregistrée.

2. États de grâce

L'électrophysiologie n'est pas dépourvue d'esthétisme. La qualité d'enregistrement associée à la rareté de l'observation confèrent une certaine grâce aux courbes évoquées. Ainsi, lors d'un

enregistrement de surface, lorsqu'une seule UM est activée par la stimulation électrique percutanée, et que l'influx antidromique conduit par un seul axone est responsable d'une réponse tardive et indirecte de morphologie absolument identique à la réponse directe, l'œil ne peut être que séduit par le résultat obtenu (Figures 1 et 2). Il s'agit d'une réponse F générée par une seule UM, appelée réponse F unitaire. Celle-ci est caractérisée par sa stabilité en latency, durée, amplitude et forme. Elle est inconstante et sa persistance (pourcentage de réponse par rapport au nombre total de stimulations nerveuses appliquées) n'est jamais de 100%. Son seuil d'évocation est variable, identique à celui de la réponse motrice directe. Ces réponses F unitaires permettent notamment de compter les UM d'un muscle ou d'un groupe musculaire (Wang et Delwaide, 1995) et d'étudier la conduction nerveuse d'UM isolées sur l'ensemble de leur trajet (Wang *et al*, 1999).

3. États de confusion

3.1. Réflexe H

Lors d'une stimulation nerveuse sous-maximale, les réponses F et H peuvent être évoquées lors d'un même enregistrement (Figure 2).

Lors d'une stimulation nerveuse supramaximale, les réponses H ne sont habituellement pas enregistrées, en raison d'une collision d'influx (Magladery et McDougal, 1950) ou de la mise en jeu de l'inhibition de Renshaw (Fisher, 1992). Seules les ondes F persistent. Cependant en cas de réflexe H hétéronyme (HH) (Roth, 1974), la stimulation supramaximale ne supprime pas la réponse tardive. Seule la double stimulation serrée (2 chocs espacés de 5-10 ms) supramaximale permet de distinguer les réponses F (abolition) et HH (persistance) (Figure 3).

3.2. Réflexe d'axone moteur (RAM) et décharge double indirecte (DDI)

Lors de l'enregistrement des ondes F, il n'est pas rare d'évoquer des réponses intermédiaires entre M et F. Trop peu d'intérêt est habituellement accordé à ces réponses souvent appelées,

par simplification, ondes A (pour réflexe d'axone). En fait, il importe de distinguer les réponses intermédiaires directes (potentiel tardif, réponse éphaptique et décharge double directe) de celle qui, comme les ondes F et H, sont indirectes (RAM et DDI). Lors d'une réinnervation terminale, certains axones présentent des bifurcations anormales. Le RAM en est la traduction électrique. La DDI correspond à la réexcitation ectopique proximale d'axone moteur au passage de l'influx antidromique. L'axone moteur impliqué dans la DDI est rendu hyperexcitable en raison d'une atteinte myélinique récente. Le RAM persiste lors d'une double stimulation serrée, alors que la DDI disparaît.

3.3. Réflexe tardif

Chez certains sujets, il est possible d'enregistrer des réponses réflexes tardives dont la morphologie est semblable aux ondes F (Fournier 2008). Celles-ci persistent lors de la diminution de l'intensité du stimulus, parfois jusqu'à la disparition complète de la réponse motrice directe, suggérant leur nature réflexe. Ces réflexes tardifs empruntent des circuits poly-synaptiques médullaires, bulbaires, voire transcorticaux (Figure 4). Méconnaître ce type de réponse pourrait conduire à conclure à un allongement pathologique des réponses F.

4. États d'excitation

4.1. Persistance des réponses F

La persistance des réponses F n'est pas liée aux caractéristiques du stimulus électrique. Nous avons déjà montré que des réponses F pouvaient être évoquées, avec une persistance élevée, par une stimulation de très faible intensité (Figures 1 et 2). Pour des fréquences de stimulation de 0,5, 1 et 5 Hz, Schiller et Stålberg (1978) n'ont rapporté aucune différence significative entre les persistances moyennes des réponses F unitaires.

L'existence d'une évocation préférentielle des réponses F par la sous-population des UM à conduction axonale rapide constitue une hypothèse controversée. Fisher (1982, 1985, 1988,

1992) défend cette hypothèse en se basant notamment sur le principe que les cellules de Renshaw seraient activées par les influx antidromiques véhiculés par les axones moteurs à conduction rapide et n'exerceraient leur activité inhibitrice que sur les motoneurones à conduction lente. Kimura *et al* (1984), par des techniques de collision d'influx (double stimulation supramaximale au coude et au poignet, avec allongement progressif de l'intervalle de temps entre les deux stimuli), n'ont relevé aucune différence entre les axones moteurs à conduction rapide et à conduction lente quant à la production des ondes F.

Dengler *et al* (1992), qui analysaient les paramètres du *twitch*, n'ont pas observé de groupe particulier d'UM produisant des réponses F, à l'exception de quelques rares UM caractérisées par un *twitch* très élevé et semblant générer des réponses F avec une persistance plus grande. Si les caractéristiques de la stimulation nerveuse et des UM ne sont pas en cause, l'excitabilité des motoneurones semble être le facteur principal du caractère inconstant de l'évocation des réponses F. Le segment initial, s'étendant du premier nœud de Ranvier jusqu'au collet de l'axone, constitue une zone tout à fait particulière de l'UM. C'est à cet endroit que sont initiés les PA orthodromiques en raison d'un seuil d'excitabilité membranaire très bas. Par ailleurs, les fluctuations brutales d'impédance liées à l'augmentation de la surface membranaire qui devient, de surcroît, non myélinisée, sont susceptibles de bloquer la progression des influx antidromiques. L'enregistrement d'une réponse F implique que les courants longitudinaux internes qui précèdent le PA antidromique franchissent le segment initial et déclenchent un PA somatique. Celui-ci se dirige vers l'arbre dendritique proximal, provoquant une dépolarisation électroniquement induite de la membrane du segment initial. Si la dépolarisation du collet de l'axone survient lorsque la période réfractaire absolue est terminée, elle déclenche un PA propagé le long de l'axone, correspondant à la réponse F (Eccles, 1955). Dès lors, la genèse d'une réponse F est conditionnée par : 1) le passage des courants antidromiques à travers le segment initial (Eccles, 1955), 2) le délai nécessaire au potentiel

somatique pour de nouveau dépolariser le segment initial (Schiller et Stålberg, 1978 ; Brown, 1984), 3) la durée de la période réfractaire absolue du segment initial (environ 0,9 à 1,2 ms) (Eccles, 1955). Ces trois conditions dépendent du niveau d'excitabilité du motoneurone ajusté en permanence par les afférences inhibitrices et activatrices.

4.2. Hypoexcitabilité

La fréquence de survenue des réponses F est donc principalement liée au niveau d'excitabilité des motoneurones spinaux. Celui-ci peut être bas chez certains sujets en dehors de toute atteinte neurologique : des patients sous tranquillisants, sédatés ou séjournant dans des unités de soins intensifs. Dans ces situations, l'absence de réponse F ne doit pas être interprétée comme étant la conséquence d'une atteinte proximale du système nerveux périphérique.

4.3. Manœuvres de facilitation

Certaines manœuvres (Jendrassik, serrer les dents, serrer le poing controlatéral) sont connues pour augmenter la fréquence de survenue des réponses spinales H et F. Outre l'augmentation de la persistance des réponses F, ces manœuvres constituent parfois un moyen de les distinguer des réponses indirectes intermédiaires non spinales, que sont le RAM et la DDI, dont la survenue n'est pas influencée par ces techniques de facilitation.

Une autre façon de faciliter la fréquence de survenue des réponses F est le recours à une double stimulation avec des chocs espacés de 100 à 200 ms (Bergmans 1973, Roth 2000). Cette technique pourrait notamment s'avérer utile aux soins intensifs chez des patients sous sédation incapables de réaliser une contraction volontaire.

5. États normaux

Dans ce chapitre, nous abordons les paramètres d'analyse les plus utiles ainsi que leurs valeurs normatives. Ces données sont utilisables pour autant qu'une méthodologie semblable à la nôtre soit utilisée. La cathode est placée à 8 cm de G1 (électrode de détection «active»),

en ligne droite pour les nerfs ulnaire, fibulaire et tibial et en respectant le trajet nerveux pour le nerf médian. G2 (référence) est placée distalement par rapport à G1 (pouce pour le nerf médian, auriculaire pour le nerf ulnaire, gros orteil pour le nerf tibial), sauf pour le nerf fibulaire (derrière la malléole externe). Pour mesurer la latence minimale de l'onde F, un minimum de 7 réponses F est requis. Si une seule réponse tardive est nettement plus courte que les autres, elle n'est pas prise en compte dans la mesure de la latence minimale.

5.1. Paramètres d'analyse

De nombreux paramètres de latence (minimale, moyenne, maximale, maximale-minimale, F-ratio, F-ratio modifié), de vitesse de conduction (minimale, moyenne, maximale), d'amplitude (moyenne, maximale, valeur absolue ou relative à la réponse M maximale), de durée (moyenne) et de persistance (globale ou d'ondes F monomorphes) ont été proposés. Dans notre expérience (Bouquiaux *et al*, 2003), la latence minimale, ou moyenne, est le paramètre le moins variable entre la droite et la gauche, et le plus reproductible dans le temps, ce que confirme Pinheiro *et al* (2008). Selon Nobrega *et al* (2004), l'intérêt d'utiliser la latence moyenne plutôt que la latence minimale est de réduire le nombre de stimuli à délivrer pour garantir un résultat fiable (10 vs 20). Le F-ratio [1/2 (latence de l'onde F après stimulation au coude ou au genou - latence proximale motrice - 1)] permet de comparer la vitesse de conduction motrice entre les segments distaux et proximaux du système nerveux périphérique.

5.2. Valeurs normatives

L'analyse multivariée des données normatives montre que la latence des réponses F est corrélée à la taille, à l'âge et parfois au genre des sujets de la population de référence étudiée (Puksa *et al*, 2003). Entre 3 et 20 ans, la taille, à elle seule, peut expliquer la variabilité de la latence minimale des ondes F (Puksa *et al*, 2011). Quand ces différentes variables sont prises en compte, la latence minimale de l'onde F devient un des paramètres les plus sensibles en neurophysiologie (Andersen *et al*, 1997).

Le tableau 1 reprend les limites de symétrie et de variabilité temporelle de la latence minimale des ondes F, rapportées par 2 études publiées en 2003 (Bouquiaux *et al* ; Puksa *et al*).

6. États de mal

La revue exhaustive des pathologies, où l'enregistrement des réponses F peut s'avérer utile, dépasse le cadre de cette synthèse. Nous envisagerons, d'une part, les neuropathies démyélinisantes qui constituent la meilleure indication du recueil des ondes F et, d'autre part, les maladies du motoneurones où l'interprétation des réponses tardives peut s'avérer délicate.

6.1 Neuropathies démyélinisantes

La latence de l'onde F explore un très long segment nerveux et, compte tenu de sa faible variabilité dans une population de référence, détecte avec une très grande sensibilité toute neuropathie s'accompagnant d'une atteinte de la myéline. Le recours au calcul de la vitesse de conduction motrice proximale ou du F-ratio, suite à l'évocation des ondes F par stimulation au coude ou au genou, permet de distinguer les myélinopathies diffuses, caractérisées par un ralentissement homogène de la conduction nerveuse, de celles où les ralentissements prédominent distalement ou proximalement. La mesure de l'écart entre la valeur mesurée chez un patient et la valeur moyenne normale attendue est une façon de quantifier le degré d'atteinte. Cet écart peut être exprimé en nombre de déviations standards (Z-score) ou en pourcentage, ce qui permet de normaliser les données et de les affranchir de leurs unités propres. Dans le cadre des polyradiculonévrites chroniques, le critère diagnostique requérant que la latence de l'onde F soit au-delà de 120% de la limite supérieure de la normale (en devant tenir compte de l'âge et de la taille du patient examiné), pourrait être simplifié en fixant l'écart par rapport à la latence normale attendue à 7 DS ou à 30%, et ce, quel que soit l'âge et la taille du patient (Tankisi *et al*, 2005 ; Labarre-Vila *et al*, 2009).

6.2 Pathologies du motoneurone

De nombreuses anomalies des ondes F ont été décrites dans la sclérose latérale amyotrophique. Un allongement modéré de la latence minimale est fréquemment observé. Celui-ci est habituellement attribué à la perte des axones à conduction rapide (Cornblath *et al*, 1992). D'autres hypothèses sont avancées : un trouble du transport axonal (Felice, 1998), une démyélinisation proximale (Bradley, 1987), une hyperexcitabilité des grands motoneurones avec réactivation trop précoce du segment initial (Fisher, 1992). Cette dernière explication permet également de rendre compte de la diminution de la persistance des ondes F (Peioglou-Harmoussi *et al*, 1987). Cependant, la perte motoneuronale semble être le facteur le plus directement lié à leur réduction (Argyriou *et al*, 2006). L'augmentation de l'amplitude des ondes F est soit attribuée à la réinnervation collatérale, augmentant la taille des UM restant fonctionnelles (Eisen et Swash, 2001), soit au plus grand nombre de motoneurones participant à la réponse F, en raison de l'hyperexcitabilité motoneuronale (Argyriou *et al*, 2006). Enfin, plusieurs équipes ont décrit une augmentation de fréquence des ondes F monomorphes de grande amplitude (Petajan, 1985 ; Peioglou-Harmoussi *et al*, 1897 ; Maisonobe, 2000).

Afin de définir un profil électrophysiologique permettant de distinguer trois pathologies motoneuronales (sclérose latérale amyotrophique, sclérose latérale primaire et maladie de Kennedy) nous avions soumis 24 variables (concernant les réponses M et F, le nombre d'UM, la taille des UM restant fonctionnelles, le décrément lors de la stimulation nerveuse répétitive et la durée d'évolution de la maladie) à l'analyse discriminante. La deuxième variable permettant de distinguer au mieux ces 3 pathologies était l'index F (produit entre l'amplitude et la persistance des réponses F), la première étant le décrément (Wang *et al*, 2009).

Références

1. Andersen H, Stalberg E, Falck B. F-wave latency, the most sensitive nerve conduction parameter in patients with diabetes mellitus. *Muscle Nerve* 1997;20:1296-1302.
2. Argyriou AA, Polychronopoulos P, Talelli P, Chroni E. F wave study in amyotrophic lateral sclerosis: Assessment of balance between upper and lower motor neuron involvement. *Clin Neurophysiol* 2006;117:1260-1265.
3. Bergmans J. Physiological observations on single human nerve fibres. In: Desmedt editor. *New Developments in Electromyography and Clinical Neurophysiology*, Vol 2. Basel: Karger; 1973. p. 89-127.
4. Bouquiaux O, Horward A, Wang FC. Symmetry and temporal variability of neurography. *Neurophysiol clin* 2003;33:185-195.
5. Brown WF. The recording of conducted electrical potentials in nerve trunks and conduction in human motor and sensory fibers. In: Butterworth Publishers. *The physiological and technical basis of electromyography*. p. 95-168.
6. Cornblath DR, Kuncl RW, Mellits ED, Quaskey SA, Clawson L, Pestronk A et al. Nerve conduction studies in amyotrophic lateral sclerosis. *Muscle Nerve* 1992;15:1111-1115.
7. Dawson GD, Merton PA. Recurrent discharges from motoneurons. *Proceedings of the 2nd Intern Congress of Physiol Science* 1956;65:221-222.
8. Dengler R, Kossev A, Wohlfahrt K, Schubert M, Elek J, Wolf W. F waves and motor unit size. *Muscle Nerve* 1992;15:1138-1142.
9. Eccles JC. The central action of antidromic impulses in motor nerve fibers. *Pflüger's Arch* 1955;260:385-415.
10. Eisen A, Swash M. Clinical neurophysiology of ALS. *Clin Neurophysiol* 2001;112:2190-2201.

11. Felice KJ. Nerve conduction velocities of single thenar motor axons based on the automated analysis of F waves in amyotrophic lateral sclerosis. *Muscle Nerve* 1998;21:756-761.
12. Fisher MA. F response latency determination. *Muscle Nerve* 1982;5:730-734.
13. Fisher MA. F waves. *Muscle Nerve* 1985;8:71-72.
14. Fisher MA. Evidence for selective activation of faster conducting motor fibers in F waves. *Muscle Nerve* 1988;11:983.
15. Fisher MA. AAEM minimonograph 13 : H reflexes and F waves : physiology and clinical indications. *Muscle Nerve* 1992;15:1223-1233.
16. Fournier E. Etude et sémiologie de la conduction proximale F, H, R1 et R2. In: Fournier editor. *Examen électromyographique*, 2^e édition. Paris: Lavoisier; 2008. p. 205-233.
17. Kimura J, Yanagisawa H, Yamada T, Mitsudome A, Sasaki H, Kimura A. Is the F wave elicited in a select group of motoneurons ? *Muscle Nerve* 1984;7:392-399.
18. Labarre-Vila A, Fournier E, Jabre JF, Soichot P, Magistris MR, Wang FC. Le normal et le pathologique. *La lettre du Neurologue* 2009;13:17-21.
19. Magladery JW, McDougal DB. Electrophysiological studies of nerve and reflex activity in normal man. I. Identification of certain reflexes in the electromyogram and the conduction velocity of peripheral nerve fibres. *Bull Johns Hopkins Hosp* 1950;86:265-290.
20. Maisonobe T. Réponses spinales (ondes F et réflexes H) dans les maladies du motoneurone. In: Magistris editor. *L'électroneuromyographie en l'an 2000: Mises au point*. Genève: Médecine et Hygiène; 2000. p. 157-173.
21. Nobrega JAMN, Pinheiro DS, Manzano GM, Kimura J. Various aspects of F-wave values in a healthy population. *Clin Neurophysiol* 2004;115:2336-2342.

22. Peioglou-Harmoussi S, Fawcett PR, Howel D, Barwick DD. F-response frequency in motor neuron disease and cervical spondylodiosis. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1987;50:593-599.
23. Pinheiro DS, Manzano GM, Nobrega JAMN. Reproducibility in nerve conduction studies and F-wave analysis. *Clin Neurophysiol* 2008;119:2070-2073.
24. Puksa L, Stalberg E, Falck B. Reference values of F wave parameters in healthy subjects. *Clin Neurophysiol* 2003;114:1079-1090.
25. Puksa L, Eeg-Olofsson KE, Stalberg E, Falck B. Reference values for F wave parameters in healthy 3-20 year old subjects. *Clin Neurophysiol* 2011;122:199-204.
26. Roth G. Décharge double indirecte. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1974;14:235-241.
27. Roth G. Identification de diverses réponses musculaires évoquées dans la main. *Electromyogr Clin Neurophysiol* 1974;14:367-376.
28. Roth G. F-wave. In: Roth editor. *Clinical Motor Electroneurography: evoked responses beyond the M-wave ectopic activity*. Amsterdam: Elsevier; 2000. p. 297-308.
29. Schiller HH, Stalberg E. F responses studied with single fibre EMG in normal subjects and spastic patients. *J Neurol Neurosurg Psychiatr* 1978;41:45-53.
30. Soichot P, Magistris MR. Stratégies d'interprétation des ondes tardives en neurophysiologie de routine. *Rev Med Liège* 2004;59:198-207.
31. Tankisi H, Pugdahl K, Fuglsang-Frederiksen A, Johnsen B, de Carvalho M, Fawcett PRW et al. Pathophysiology inferred from electrodiagnostic nerve tests and classification of polyneuropathies. Suggested guidelines. *Clin Neurophysiol* 2005;116:1571-1580.
32. Wang FC, Delwaide PJ. Number and relative size of thenar motor units estimated by an adapted multiple point stimulation method. *Muscle Nerve* 1995;18:969-979.
33. Wang FC, de Pasqua V, Delwaide PJ. Age-related changes in fastest and slowest conducting axons of thenar motor units. *Muscle Nerve* 1999;22:1022-1029.

34. Wang FC, Le Forestier N, Gérard P, Willer JC, Meininger V, Dive D et al. Motor neuron disorders: novel electrophysiologic approach (MUFDEC protocol). In: Bromberg editor. Motor Unit Number Estimation (MUNE) and Quantitative EMG. Amsterdam: Elsevier; 2009. p. 143-152.

Tableau 1: Limites de symétrie et de variabilité temporelle de la latence minimale des ondes F

Nerfs	Variabilité G/D	Variabilité temporelle
Médian	1,5 ms (1) 1,3 ms (2)	1,0 ms (1) 1,0 ms (2)
Ulnaire	1,5 ms (1) 1,4 ms (2)	1,2 ms (1) 1,1 ms (2)
Fibulaire	3,0 ms (1) 3,5 ms (2)	2,6 ms (1) 3,7 ms (2)
Tibial	3,0 ms (1) 3,0 ms (2)	2,0 ms (1) 3,5 ms (2)

(1) : Puksa et al, 2003 ; (2) : Bouquiaux et al, 2003

Figures

Figure 1 : réponse F unitaire (détection thénarienne de surface, 50 µV/division)

Dans cet exemple, une seule unité motrice (UM) thénarienne est évoquée par la stimulation du nerf médian au poignet. Les réponses précoces (M) et tardives (F) ont une morphologie identique attestant du caractère unitaire de l'UM activée. L'intensité de stimulation est juste liminaire. La réponse M est absente à 2 reprise sur les 10 stimuli. La réponse F n'est jamais évoquée en l'absence de réponse M. La persistance de la réponse F est de 50% et sa latence est stable.

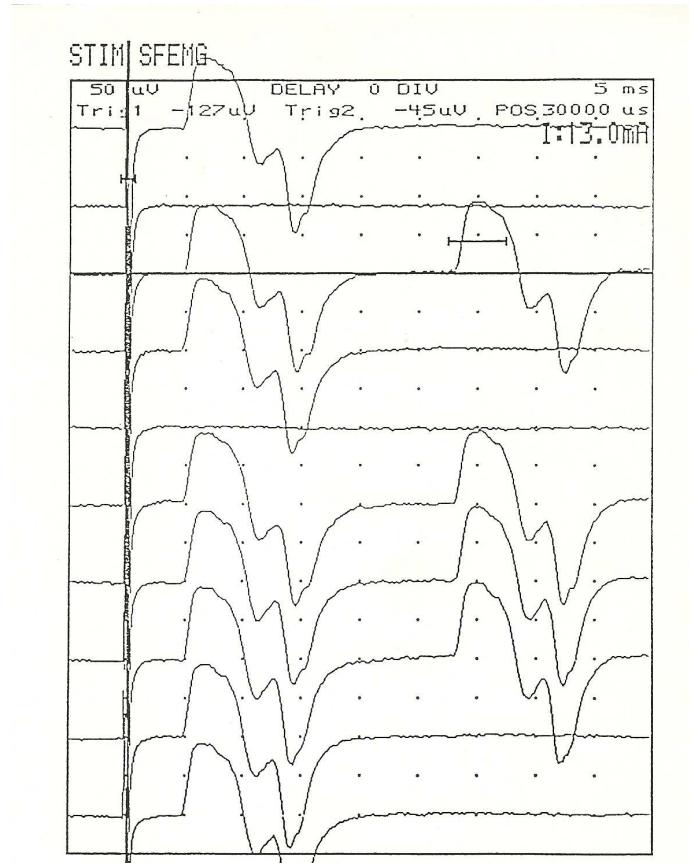


Figure 2 : réponse F unitaire associée à une réponse d'origine réflexe (détexion thénarienne de surface, 100 µV/division)

Le nerf médian est stimulé au poignet. Les réponses précoces (M) et les 7 premières réponses tardives (F) ont une morphologie identique. Une seule unité motrice (UM) thénarienne participe à la formation de ces réponses. L'intensité de stimulation est supraliminaire à son seuil d'activation directe (réponse M constante). La morphologie distincte de la réponse tardive évoquée lors du 32^{ème} stimuli, indique qu'une ou plusieurs autres UM participent à sa composition. L'absence de modification de la réponse motrice précoce suggère l'origine réflexe de la dernière réponse tardive.

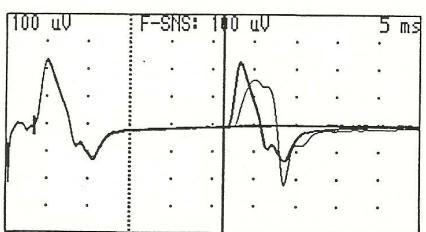
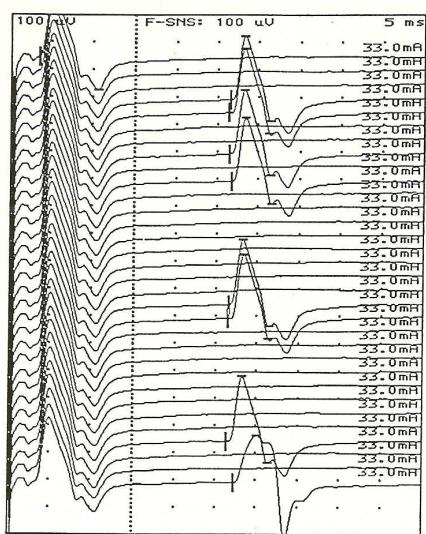


Figure 3 : réflexe H hétéronyme (HH) (détection thénarienne de surface, 5mV/division pour les réponses précoces, 2mV/division pour les réponses tardives)

A) Vingt stimuli supramaximaux simples sont délivrés au poignet, sur le trajet du nerf médian, à la fréquence de 1 Hz. Une réponse tardive de grande amplitude, et de morphologie variable, est évoquée pour chaque stimulus. Le caractère supramaximal de la stimulation nerveuse devrait garantir qu'il ne s'agit pas de réponses H. **B)** Pour vérifier l'hypothèse qu'il s'agit de réponses F, une stimulation double serrée (2 chocs espacés de 10 ms) supramaximale est délivrée. Au lieu de l'abolition attendue, en cas de réponses F, une réponse tardive suit systématiquement chacun des 2 chocs. Un réflexe HH doit donc être évoqué. Ce type de réflexe implique que la stimulation du nerf médian au poignet active ses afférences proprioceptives Ia qui, par voie réflexe, stimulent les efférences motrices du nerf ulnaire.

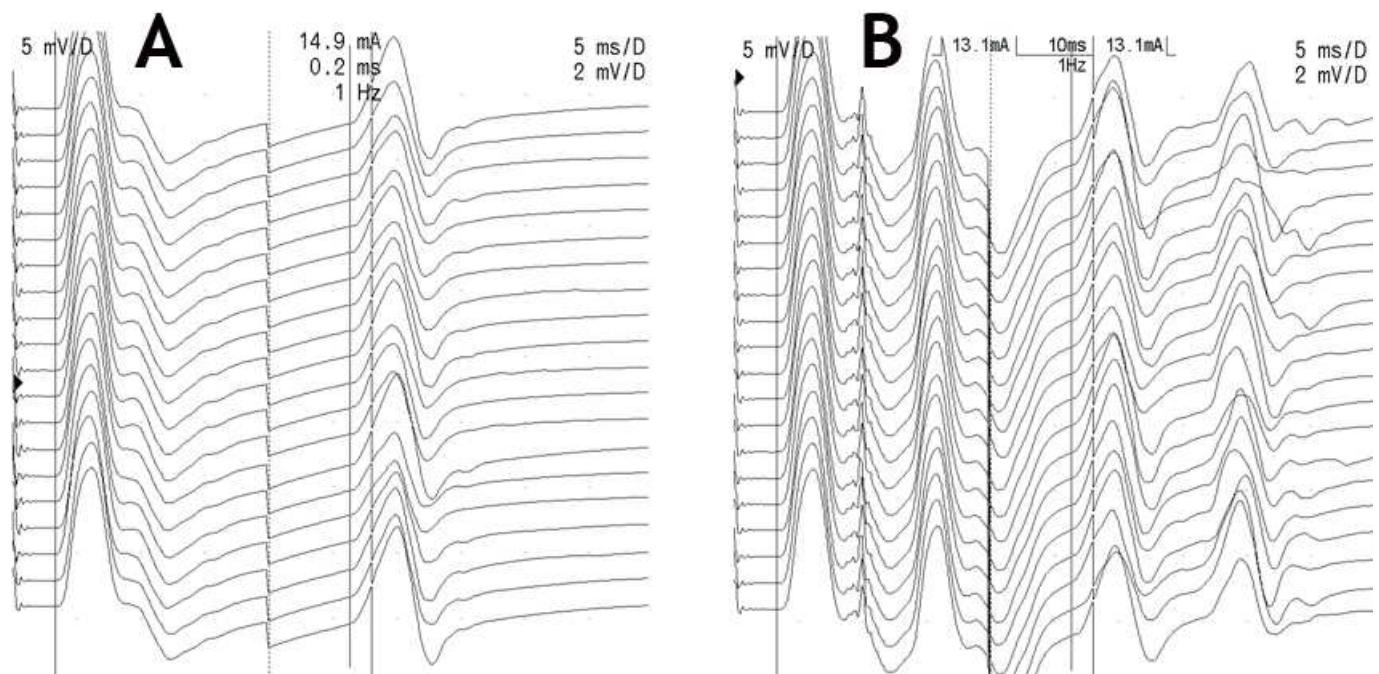


Figure 4 : réflexe tardif (détection thénarienne de surface, 500 μ V/division)

Le nerf médian est stimulé au poignet. Des réponses motrices de longue latence (42,4 et 66,3 ms) sont enregistrées. La morphologie de ces réponses est très semblable à celle des ondes F. Cependant, l'absence de réponse motrice précoce (M) plaide contre ce type de réponse tardive. Un réflexe tardif empruntant un circuit complexe poly-synaptique médullaire, bulaire, voire transcortical est probable.

