

**MINISTERE DE LA SANTE  
REGION LORRAINE  
INSTITUT DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE  
DE NANCY**

**ETUDE COMPARATIVE D'UNE TECHNIQUE  
DE BIOFEEDBACK ET DE L'ELECTRO-STIMULATION  
MUSCULAIRE DANS LE CADRE DE LA REEDUCATION  
CHEZ L'HEMIPLEGIQUE**

Rapport de travail écrit personnel  
présenté par **Sébastien WEETS**  
étudiant en 3ème année de kinésithérapie  
en vue de l'obtention du diplôme d'état  
de masseur-kinésithérapeute  
1995-1996.

## SOMMAIRE

	Page
RESUME	
1. INTRODUCTION.....	1
1.1.Hémiplégie et bases anatomo-physiologiques de la récupération neurologique post-lésionnelle .....	1
1.2.Biofeedback et électro-stimulation musculaire.....	2
1.3. Les buts de l'étude.....	5
2. MATERIEL ET METHODE.....	5
2.1 Le matériel .....	5
2.1.1. La population .....	5
2.1.2. Le matériel.....	6
2.1.2.1. Utilisé pour le traitement .....	6
2.1.2.2.Utilisé pour l'évaluation .....	7
2.2. Le protocole.....	8
2.2.1. D'évaluation.....	8
2.2.2. De traitement .....	9
3. RESULTATS .....	11

3.1. Résultats obtenus avec le Myotrac II .....	11
3.1.1. Résultats du Groupe 1 .....	11
3.1.2. Résultats du Groupe 2 .....	12
3.2. Comparaisons entre les seuils obtenus avec le Myotrac II et les seuils réglés sur l'A. M. 706 .....	13
3.3. Le compteur d'événements .....	14
4. DISCUSSION .....	15
5. CONCLUSION .....	20
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	

## RESUME

Ce travail a été réalisé suite à l'acquisition, par le Centre de Réadaptation de Lay-Saint Christophe, d'un nouveau type d'appareil de biofeedback. Il s'agit d'un E. M. G. de surface couplé à un électro-stimulateur musculaire déclenché à partir d'un seuil E. M. G. pré-déterminé.

Le but est de comparer les évolutions du recrutement moteur des muscles extenseurs du poignet chez des patients hémiplegiques avec cet appareil et avec un électro-stimulateur simple.

Pour cela, il nous faut rappeler les principes généraux concernant l'hémiplegie, les bases anatomo-physiologiques de la récupération post-lésionnelle du système nerveux central, et l'utilisation du biofeedback et de l'électro-stimulation musculaire dans le cadre de la rééducation de l'hémiplegie.

Les résultats obtenus ne sont pas statistiquement interprétables. Cependant, l'étude nous permet une observation subjective de la prédominance d'une des techniques. Elle permet également une évaluation des limites d'utilisation de ce nouvel appareil en rééducation fonctionnelle.

## 1. INTRODUCTION.

### *1.1. Hémiplégie <sup>(10)</sup> et bases anatomo-physiologiques de la récupération neurologique post-lésionnelle <sup>(9-10-11)</sup>.*

L'hémiplégie, telle qu'elle a été définie par Dejerine, est la perte plus ou moins complète de la motricité volontaire d'une moitié du corps. Elle est due à une lésion unilatérale de la voie motrice principale entre le neurone d'origine de la voie pyramidale et sa synapse avec le motoneurone alpha dans la corne antérieure de la moëlle. L'atteinte motrice est rarement isolée ; elle est fréquemment associée à d'autres troubles neurologiques (sensitif, cérébelleux et neuro psychologiques). Les étiologies sont nombreuses, mais les causes vasculaires sont les plus fréquentes.

**Les troubles moteurs associent : un déficit de la commande motrice volontaire** prédominant sur les muscles dits à « activité volitionnelle prépondérante » (en général sur les extenseurs au membre supérieur et sur les fléchisseurs au membre inférieur) ; des **syncinésies** ou mouvements involontaires, inconstants, survenant à l'occasion d'un mouvement volontaire pouvant constituer une gêne motrice majeure ; et l'hypertonie spastique ou **spasticité** qui est une exagération du réflexe myotatique, qui apparaît lors d'un étirement passif du muscle comme une contraction réflexe supposant à l'étirement, et dont la topographie est inverse au déficit moteur volontaire.

Ces déficits, plus ou moins sévères, régressent généralement dans le temps, pour aboutir à une compensation partielle ou totale du syndrome initial. Ces phénomènes se font essentiellement dans les 8 à 12 premières semaines, puis les progrès deviennent limités mais

restent cependant encore possible ultérieurement, entre 6 mois et un an, et parfois plus. La récupération très précoce peut être attribuée à des facteurs tels la résorption de l'oedème ou la revascularisation des territoires ischémiques aux confins de la zone nécrotique. Les phénomènes de restauration fonctionnelle peuvent être regroupés en deux modèles fondamentaux :

- **Modèle structural** : il s'agit de processus de remodelage neuro-anatomiques des réseaux neuronaux (repousse nerveuse, hyper-activité de structures non lésées, changement de propriétés de communication entre les différentes structures).
- **Modèle substitutionniste** : réorganisation fonctionnelle pour élaborer de nouveaux modes opératoires adaptés au plan comportemental.

Les facteurs influençant cette restauration sont l'âge du patient, la nature de la lésion, les substances pharmacologiques qui inhibent ou excitent, l'exercice-l'activité-l'apprentissage et surtout la motivation.

### **1.2. Biofeedback<sup>(2-3-4)</sup> et électro-stimulation musculaire<sup>(1-5-6)</sup>.**

Les termes de « mouvements volontaires » et de « contrôles moteurs » font intervenir la notion de **feedback** : boucle interne de régulation ou système auto-régulé qui comporte, à partir d'une rétro-information, un rétro-contrôle, une rétro-commande aboutissant à une rétro-action et réalise une boucle fermée. Physiologiquement, les dispositifs de feedback permettent les régulations internes automatiques essentielles (maintien de l'homéostasie, contrôle du système nerveux central autonome ou non et des comportements...). Le contrôle du mouvement est effectué par feedback moteur (Annexe I - fig. 1). Chez l'hémiplégique ce feedback peut être interrompu ou perturbé.

En kinésithérapie, pour permettre de rétablir un feedback, nous utilisons la technique du **biofeedback** : méthode de rééducation utilisant, dans un but d'apprentissage par conditionnement, une rétro-information externe apportée transitoirement par une chaîne instrumentale capable d'objectiver les performances (Annexe I bis - fig 2).

L'**objectif du biofeedback** est de détourner de leurs finalités certaines boucles impliquées dans d'autres régulations pour les impliquer dans de nouvelles fonctions. Cette méthode tend à orienter les potentiels de la neuro-plasticité. Il permet de révéler à l'individu des événements internes ou externes et de lui apprendre à les contrôler.

Le **matériel de biofeedback** doit nécessairement être constitué d'au moins : un **capteur d'événements** (prélève les informations sous forme de signaux), une **unité centrale de traitement** des signaux et une **unité de communication** (optique, sonore ou sensitive) fournissant une information sur la qualité et la quantité de l'événement capté. Trois types d'information sont utilisables : informations en tout ou rien, continue et quantitative ou dynamique. Le conditionnement utilisé est de type opérant : apprentissage d'un comportement en fonction des conséquences (plaisantes ou déplaisantes) qui résultent de l'action de l'organisme sur l'environnement. Cet apprentissage instrumental externe est caractérisé par la **motivation**, la **progression par essais/erreurs**, le **renforcement** du comportement recherché et la **connaissance des résultats** (mesures objectives concomitantes ou terminales à l'essai et immédiates ou diffuses dans le temps). L'efficacité est optimale entre le 2ème/3ème et 6ème mois et peut rester très efficace à distance de la lésion (A. V. C.).

La synthèse de différentes études approfondies montre de façon schématique que, dans la rééducation de l'hémiplégie, au niveau des membres supérieurs, les meilleurs résultats sont

obtenus dans le contrôle de l'épaule et du coude (lutte contre la spasticité des antagonistes par biofeedback négatif, sub-luxation et sélectivité du mouvement). Les effets au niveau de la main semblent être nuls ou rapidement épuisés. Au niveau du membre inférieur, le plus grand nombre d'études porte sur la rééducation motrice (dorsi-flexion du pied, contrôle du genou, amélioration de la marche) démontrant une efficacité significative et durable dans le temps.

Un autre moyen thérapeutique est utilisé pour la récupération motrice « instrumentale » : l'électro-stimulation musculaire. La plus adéquate est une impulsion rectangulaire de courant constant monophasique compensé de durée identique à la chronaxie et ne mettant en jeu qu'une énergie minimum.

Chez l'hémiplégique, l'utilisation des courants excito-moteurs va aider à réinstaller un vécu proprioceptif du mouvement favorisant la reconstruction de l'image idéo-motrice, donc la commande volontaire. De plus, l'activation des muscles antagonistes aux muscles spastiques - sans exacerber cette dernière - permet de lutter contre les rétractions et ankyloses articulaires, contre l'amyotrophie et surtout permet une diminution de cette spasticité. Elle représente un atout psychologique intéressant avec la prise de conscience par le patient que son corps peut encore réagir.

Actuellement, un nouveau type d'appareil miniaturisé utilisant un E. M. G. combiné à un électro-stimulateur musculaire apparaît sur le marché. Il s'agit de l'Automove 706<sup>R</sup> de SAINT-CLOUD.



### *1.3. Les buts de l'étude.*

L'objet de notre étude est : [1] la combinaison biofeedback/stimulation électrique permet-elle d'obtenir de meilleurs résultats qu'une stimulation électrique simple. [2] d'évaluer les difficultés rencontrées lors de la mise en place du protocole.

## **2. MATERIEL ET METHODE**

### *2.1. Le matériel.*

#### **2.1.1. La population (Annexe II - tableau 1).**

**Les critères d'inclusion** sont : des éléments cliniques qui mettent en évidence un déficit de la motricité volontaire des extenseurs du poignet, un temps post-lésionnel supérieur ou égal à deux mois et ne présentant pas de trouble majeur de la compréhension pouvant gêner le protocole.

Huit patients ont participé à cette étude ; il s'agissait de 6 hommes et 2 femmes, âgés de 26 à 60 ans, 5 présentaient une hémiplégie droite et 3 une hémiplégie gauche, 6 par accident vasculaire cérébral (A. V. C.) et 2 par tumeurs. Ils ont été réparti en deux groupes par tirage au sort : l'un travaillant sur l'A. M 706 (groupe 1) et l'autre sur l'Elpha 2000<sup>R</sup> électrostimulateur musculaire (groupe 2).

## 2.1.2. Le matériel

### 2.1.2.1. Utilisé pour le traitement

L'A. M. 706 (Annexe II - photo 1) : c'est un système portatif comportant un stimulateur neuro-musculaire à visée excito-motrice et un E. M. G. de surface. Il permet à un courant excito-moteur de prendre le relais d'une contraction volontaire, dès que celle-ci a atteint un seuil E. M. G. déterminé. Il possède trois modes de fonctionnement :

- **Cyclique** : stimulateur simple dont les paramètres de réglage sont la fréquence, l'intensité, le temps de montée et de passage du courant et le temps de repos entre deux contractions.
- **Manuel** : permet le réglage de l'intensité et de la fréquence du courant distribué ainsi que du seuil E. M. G.. C'est un mode, préalable aux deux autres, nécessaire pour le réglage des paramètres (intensité et seuil).
- **Automatique** : fonctionnement en couplage du stimulateur et de l'E. M. G.. D'abord le témoin de disponibilité de l'E. M. G. clignote (diode verte) indiquant au patient qu'il peut débiter le mouvement. Lorsque le potentiel électrique de la contraction volontaire atteint le seuil E. M. G. - pré-déterminé par l'opérateur - la stimulation électrique est activée (témoin lumineux de passage du courant) selon les conditions choisies de temps de passage et de repos. Enfin, le témoin lumineux de disponibilité d'E. M. G. ne se remet à clignoter qu'après le temps de repos imposé par l'appareil.

Nous avons ajouté à cet appareil, grâce à la participation d'un technicien du centre, un compteur d'événements permettant de comptabiliser le nombre de cycles de stimulation réalisés au cours d'une séance.

L'Elpha 2000<sup>R</sup> : c'est un appareil d'électro-stimulation portatif possédant 4 modes de fonctionnement dont 3 sont à propriétés antalgiques (BURST, TENS I, TENS II) et 1 utilisé dans cette étude pour la stimulation musculaire (MUSCLE). Le nombre de cycles de stimulation/repos est imposé.

Les paramètres réglables sont : l'intensité, la fréquence de stimulation, le temps de montée et de passage du courant (Ton), le temps de repos (Toff) entre deux contractions et le temps de la séance.

Les caractéristiques techniques des deux appareils sont présentées en Annexe III - tableau 1.

#### *2.1.2.2. Utilisé pour l'évaluation (Annexe II - photo 2).*

C'est un E. M. G. de surface possédant des options de rétroaction lumineuses et/ou sonores : c'est le MYOTRAC II<sup>R</sup>.

Caractéristiques techniques : le capteur Myoscan E, contenant des circuits électriques de grande sensibilité, détecte et amplifie d'infimes signaux E. M. G. tout en protégeant cette mesure d'éventuelles interférences (mouvement des câbles, induction électro-magnétique). Il est composé de 3 éléments : deux électrodes actives pour mesurer les potentiels électriques et une 3ème utilisée comme électrode de référence. L'affichage numérique correspond à une intégration de la courbe fréquence/amplitude de l'E. M. G. : elle est directement proportionnelle à la quantité de fibres recrutées et à la fréquence de recrutement.

## 2.2. Le protocole.

### 2.2.1. D'évaluation <sup>(5-7)</sup>.

La peau est soigneusement nettoyée afin d'enlever la graisse et la peau morte qui augmentent la résistance cutanée, puis sécher pour améliorer l'adhérence des électrodes.

Les électrodes actives sont placées, au niveau du point moteur des muscles extenseurs du poignet et des doigts, selon la méthode du Centers for Disease Control (C. D. C.) <sup>(7)</sup> : sujet assis, bras en abduction, coude fléchi et avant-bras en pronation reposant sur la table et main relâchée en flexion. Les électrodes sont placées à proximité l'une de l'autre (2 cm) sur une ligne (lead line) entre l'épicondyle latéral huméral et le milieu des styloïdes radiales et cubitales. Le point moteur (Central lead point) est situé au quart de cette ligne à partir de l'olécrâne (fig. 1).

L'électrode de référence est placée sur l'épicondyle permettant ainsi d'avoir un repère.

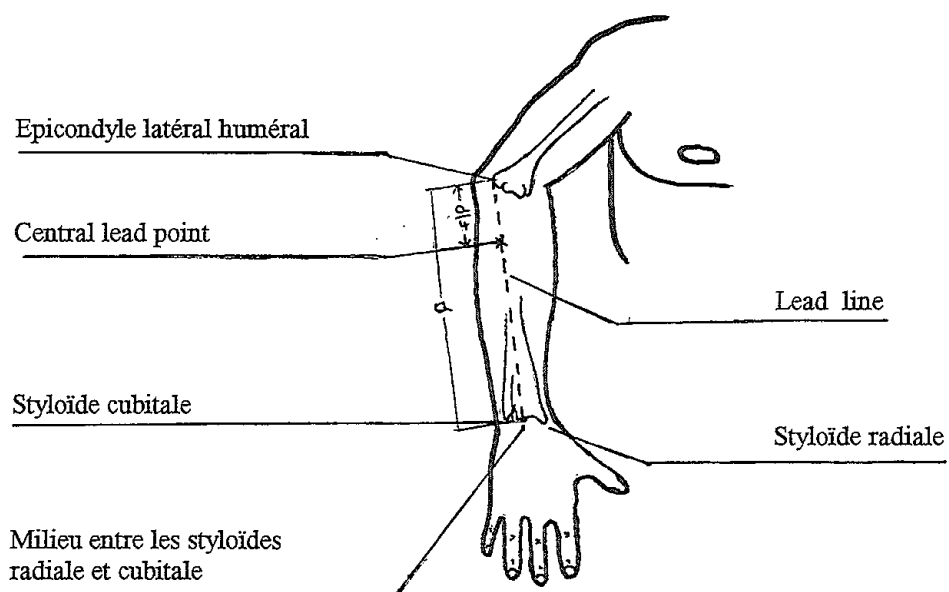


Figure 1 : Repérage du point moteur.

Nous demandons aux patients de réaliser une contraction volontaire maximale tout en surveillant la non-apparition de syncinésies (mouvements parasites) qui perturbent le résultat et nous enregistrons le potentiel électrique musculaire « maximal » (P. E. M. M.). Cette manoeuvre est répétée 3 fois à 2 ou 3 minutes d'intervalle afin d'effectuer une moyenne des valeurs qui seront celles indiquées aux patients. Le P. E. M. M. est mesuré pour chaque patient avant que ne débute le protocole, puis, régulièrement, une fois par semaine. Pour le groupe 1, il a été relevé à chaque séance le seuil E. M. G. pré-déterminé sur l'A. M. 706. Les résultats sont montrés et expliqués aux patients, ce qui est essentiel à la motivation.

Par contre, ils n'ont pas été impliqués dans les résultats fournis par le compteur d'événements. Cependant, ceux-ci peuvent nous apporter des éléments de réflexion, en particulier sur la participation du patient.

### **2.2.2. De traitement.**

Les patients ont bénéficié du traitement sur une période de 4 semaines à raison de 3 séances de 30 minutes par semaine. L'installation est la même pour tous : assis à une table, épaule à 30° d'abduction, coude fléchi posé dessus, avant bras en pronation reposant sur un coussin triangulaire et poignet relâché en flexion (Annexe III photo 1).

### REGLAGE DES APPAREILS

REGLAGE	A. M. 706	Elpha 2000
Intensité	suffisante et efficace afin d'obtenir un mouvement d'amplitude totale	
Fréquence	50 Hz	
Largeur d'impulsion	200 µs	
Electrodes E. M. G.	placées sur le site d'enregistrement du Myotrac II (cf. 2.2.1.)	
Electrodes de stimulation	L'une est placée en regard du corps musculaire des extenseurs (face postéro-latérale) à 1 travers de doigt sous le plis de flexion du coude. L'autre (face postérieure) à mi distance entre les plis de flexion du coude et d'extension du poignet	

Les patients sont encouragés verbalement par le thérapeute au cours des séances et de la progression (motivation supplémentaire).

#### Consignes données aux patients.

Groupe 1 sur l'A.M 706 : nous avons expliqué le fonctionnement de l'appareil aux patients (cf. 2.1.2) et la signification des valeurs P. E. M. M. (recrutement moteur). Nous avons précisé d'arrêter la contraction volontaire à l'établissement du courant et de respecter le temps de repos imposé ; et en cas de difficulté importante pour déclencher la stimulation, il doit appeler son thérapeute pour revoir le réglage du seuil.

Groupe 2 sur l'Elpha 2000 : nous avons expliqué l'intérêt de l'électro-stimulation quant à leur récupération fonctionnelle en précisant d'accompagner le mouvement lors du passage du courant et de le stopper à la fin du passage du courant en respectant le temps de repos.

### 3. RESULTATS.

Le nombre de patients n'étant pas représentatif d'une population, nous pouvons d'ambly affirmer que les résultats de cette étude ne sont pas statistiquement interprétable ; leur interprétation relève donc plus d'une approche globale de caractères subjectifs à partir des observations effectuées pour chaque patient.

#### 3.1. Résultats obtenus avec le Myotrac II.

##### 3.1.1. Résultats du Groupe 1 (Tableau 1).

Tableau 1 : évolution des P. E. M. M. en  $\mu\text{v}$ .

Patients	J 0	J 7	J 14	J 21	J 28	Progression en %
1	45	54	62	54	59	20 %
2	38	64	82	63	65	71 %
3	15	23	/	50	54	38 %
4	10	15	17	22	24	71 %

- **Patient 1** : nous constatons une augmentation entre J0 et J14, une diminution entre J14 et J21 et une augmentation entre J21 et J28, la progression totale est de 20 %. Il semble important de signaler que malgré sa motivation, la patient paraît plus préoccupé par le traitement de son hémiparésie (cache oculaire) que par celui de son membre supérieur et que son hémiparésie est à prédominance brachio-faciale. De plus, il se situe au début de la période de récupération post-lésionnelle (2 mois).
- **Patient 2** : nous constatons une augmentation entre J0 et J14, une diminution entre J14 et J21 et une augmentation entre J21 et J28, la progression totale est de 71 %. La diminution observée semble être due à un état général fébrile durant cette période. Ce patient se situe à 14 mois de la lésion initiale. Malgré l'aphasie les consignes semblent avoir été bien comprises, il paraît très motivé pour la rééducation.
- **Patient 3** : nous constatons une augmentation de J0 à J 28. La progression totale est de 38 % avec des possibilités de départ faibles (15  $\mu\text{v}$ ). Sa lésion remonte à deux mois, et il se situe donc dans le début de la période de récupération. Son hémiparésie est d'étiologie

tumorale avec traitement par radiothérapie : ceci semble affecter sa motivation qui paraît moyenne.

- **Patient 4** : nous constatons que l'augmentation est constante de J0 à J28 la progression totale est de 71 %. Le déficit initial est important (10  $\mu\text{v}$ ) et son hémiplégié est à prédominance brachio-faciale. Ce patient est jeune et se trouve à 2 mois de la lésion initiale, période de récupération optimale. Il paraît très motivé pour sa rééducation.

### 3.1.2. Résultats du Groupe 2 (Tableau 2).

Tableau 2 : évolution des P. E. M. M. en  $\mu\text{v}$ .

Patients	J 0	J 7	J 14	J 21	J 28	Progression en %
5	13	15	29	12	26	50 %
6	56	82	45	63	71	26 %
7	56	63	60	52	47	-20 %
8	51	58	53	57	55	7 %

- **Patient 5** : nous observons une augmentation entre J0 et J14, une diminution entre J14 et J21 et une augmentation entre J21 et J28. La progression totale est de 50% avec un P. E. M. M. de départ faible (13  $\mu\text{v}$ ). Sa lésion initiale est massive mais cela ne paraît aucunement gêner sa progression. Par contre, ce patient est très motivé pour sa rééducation et se trouve en fin de période de récupération optimale (5 mois).
- **Patient 6** : Nous constatons une augmentation entre J0 et J7, une diminution entre J7 et J14, et une augmentation entre J14 et J28. La progression totale est de 26 %. La lésion initiale est massive avec aphasie mixte importante ne semblant pas gêner la compréhension de l'exercice. Il est intéressé par sa rééducation et motivé pour sa rééducation.
- **Patient 7** : nous observons une augmentation entre J0 et J7 mais une diminution constante de J7 à J28. La progression est négative de 20 %. Sa lésion initiale date de 4 mois, il se trouve donc dans la période de récupération optimale. Il ne refuse pas la rééducation mais semble ne pas être très motivé, voire très réticent.



- **Patient 8** : nous constatons une augmentation entre J0 et J7, une diminution entre J7 et J14, une augmentation entre J14 et J21 et une diminution entre J21 et J28. La progression totale est de 7 %. Sa lésion initiale date de 6 mois, il se trouve donc en fin de période de récupération optimale. Il ne refuse pas la rééducation mais semble ne pas être très motivé pour ce type de technique (stimulation électrique).

### 3.2. Comparaisons entre les seuils obtenus avec le Myotrac II et les seuils réglés sur l'A. M. 706 (Tableau 3) - (Annexe IV et IV bis).

Les valeurs notées à J7/J14/J21/J28 sont des moyennes des résultats obtenus pendant la semaine de traitement.

**Tableau 3 : potentiels électriques musculaires mesurés et les seuils E. M. G. préétablis en  $\mu$ V**

Patient	J 0		J 7		J 14		J 21		J 28		Progression des P.E.M.M.
	P.E.M.M.	Seuils	P.E.M.M.	Seuils	P.E.M.M.	Seuils	P.E.M.M.	Seuils	P.E.M.M.	Seuils	
1	45	30	54	80	62	100	54	95	59	80	20 %
2	38	30	64	55	82	50	63	70	65	90	71 %
3	15	28	23	38	0	0	50	90	54	90	38 %
4	10	40	15	35	17	35	22	40	24	40	71 %

Nous observons à J0, lors du premier réglage de seuil, que celui-ci est, inférieur au P. E. M. M. obtenu par les patients « 1 » et « 2 » et supérieur pour les patients « 3 » et « 4 ».

A J0, les seuils sont réglés en fonction des observations du thérapeute (syncinésies, évaluation subjective du mouvement et de la contraction) et du patient (sensation de facilité ou non). Ce seuil sert de référence pour le réglage de la séance suivante.

Après une semaine (J7), le seuil du patient « 1 » devient nettement supérieur à la valeur de son P. E. M. M.. Seul le patient « 2 » garde un seuil inférieur au P. E. M. M. mais le problème observé est que le patient « 4 » augmente son P. E. M. M. et diminue son seuil

A J14, le patient « 2 » continue à travailler avec un seuil inférieur au P. E. M. M. et l'écart entre les deux augmente.

Puis jusqu'à la fin (J28), le seuil de chaque patient est supérieur aux valeurs des P. E. M. M..

Globalement, nous pouvons dire que sur 28 jours, l'A. M. 706 permet d'observer une progression des seuils E. M. G. pré-déterminés.

### 3.3. *Le compteur d'événements (Tableau 4).*

**Tableau 4 : nombre de contractions moyen effectue par semaine**

<b>Patients</b>	<b>J 0</b>	<b>J 7</b>	<b>J 14</b>	<b>J 21</b>	<b>J 28</b>
<b>1</b>	<b>92</b>	<b>78</b>	<b>100</b>	<b>83</b>	<b>92</b>
<b>2</b>	<b>110</b>	<b>95</b>	<b>74</b>	<b>84</b>	<b>113</b>
<b>3</b>	<b>97</b>	<b>112</b>	<b>/</b>	<b>71</b>	<b>85</b>
<b>4</b>	<b>90</b>	<b>125</b>	<b>105</b>	<b>121</b>	<b>120</b>

Les résultats obtenus ne nous intéressent pas directement pour cette étude. Néanmoins, nous pouvons dire que la variation du nombre de cycles réalisés est faible et nous ne pouvons pas réellement objectiver une progression au regard de ces résultats.

La variation du nombre de cycles réalisés d'une séance à l'autre dépend de 2 phases :

- le temps précédant l'initialisation du recrutement correspondant à la rapidité de réaction du patient,
- le temps entre l'initialisation du recrutement et l'atteinte du seuil E. M. G..

- le temps précédant l'initialisation du recrutement correspondant à la rapidité de réaction du patient,
- le temps entre l'initialisation du recrutement et l'atteinte du seuil E. M. G..

Ces deux phases dépendent de la motivation, de la concentration et de la lenteur idéatoire qui sont des éléments variables et propres à chaque patient.

#### 4. Discussion.

Il nous paraît important de rappeler que ces résultats se sont pas interprétables et que leurs traductions relèvent plus d'une approche globale de caractères subjectifs à partir d'observations effectuées pour chaque patient. Cependant, une étude <sup>(8)</sup> compare l'E. M. G. Biofeedback combiné à l'électro-stimulation musculaire (avec l'A. M. 706), l'électro-stimulation simple (Respond II <sup>R</sup>), la facilitation neuro-proprioceptive (Bobath, Kabat...) et l'abstention de traitement chez l'hémiplégique. Ce traitement est effectué sur une période de 12 mois, avec 3 mois de traitement, une évaluation en fin de traitement et à 3 et 9 mois après le traitement. Les résultats montrent que les patients hémiplégiques peuvent achever et maintenir leur amélioration fonctionnelle de meilleure façon par combinaison de techniques d'électro-stimulataion et d'effort volontaire (E. M. G. biofeedback ou électro-stimulation avec accompagnement volontaire). L'étude fait remarquer que l'E. M. G. biofeedback est sensiblement meilleur mais ne peuvent conclure. Notre étude permet aussi de constater que les résultats semblent être meilleurs avec l'A. M. 706 pour augmenter le recrutement moteur donc la contraction volontaire.

Après ce constat, nous pouvons faire des remarques sur les bases anatomo-physiologiques de la récupération fonctionnelle post-lésionnelle. En effet, dans le mécanisme de récupération nerveuse, contrairement aux mécanismes de compensation (modèle structural), les mécanismes de substitution (modèle substitutionniste) semblent être influencés par les facteurs environnementaux et dépendants de l'activité propre du sujet <sup>(3)</sup>. Ainsi, nous observons pour les patients du groupe 1, que les plus jeunes ont une progression nettement supérieure aux autres. Dans le groupe 2, il n'y a pas de corrélation entre la progression et l'âge. Ce facteur n'apparaît donc pas comme un élément essentiel du pronostic de la récupération fonctionnelle.

Les patients dont la lésion initiale est massive ont une moins bonne progression que les patients ayant une lésion initiale de degré moyen. Donc, la nature de la lésion semble être un facteur déterminant quant à la vitesse et au pronostic de récupération. Notons cependant qu'il est difficile d'évaluer avec précision le degré de la massivité de chaque lésion : ceci pose un problème de comparaison entre deux patients dont la lésion est dite de même importance (légère, moyenne ou massive).

L'observation de la durée post-lésionnelle - même si les délais théoriques de la restauration nerveuse sont dépassés - montre que la récupération fonctionnelle est encore possible (patients 2 et 6). L'observation chez des patients en période optimale de récupération montre que celle-ci peut être très faible, voire négative (patients 7 et 8). Ce délai n'est donc pas un élément essentiel de la récupération post-lésionnelle.

Selon la localisation de la lésion, les troubles associés, notamment l'héminégligence, (patient 1) influencent la vitesse et le pronostic de récupération.

Associés à tous ces facteurs sur lesquels il est difficile d'agir, la motivation paraît jouer un rôle déterminant dans la qualité et rapidité de la guérison. En effet, les patients les plus motivés ont la meilleure progression.

Cette étude objective l'augmentation du recrutement moteur qui n'est pas le seul élément favorisant la récupération fonctionnelle. La fonction motrice est également améliorée par l'augmentation de la dissociation fractionnée des muscles agonistes et antagonistes et par la diminution de la spasticité. Les résultats peuvent donc être envisagés par une évaluation plus complète et plus précise comprenant par exemple :

- La cotation de la spasticité avec l'échelle d'Ashworth <sup>(10)</sup>.
- Des tests fonctionnels précis en qualité et en quantité (dissociation fractionnée), avec le Fugel Meyer Test <sup>(7)</sup>.
- Des tests de force, avec un dynamomètre.

De plus, d'autres éléments d'établissement du protocole semblent contestables. La **durée du protocole** n'est que d'un mois, ceci représente un facteur restrictif pour l'étude. Par exemple, l'absence du patient 3 pendant une semaine (1/4 de la durée du protocole) perturbe l'interprétation de ses résultats : ils peuvent donc être difficilement pris en compte. Sur l'Elpha 2000, la **consigne** est d'accompagner la stimulation puis de relâcher pendant le temps de repos. Par contre, sur l'Automove, la contraction volontaire précède la stimulation mais ne l'accompagne pas. La contraction volontaire et la stimulation électrique sont présentes dans les deux cas, mais interviennent dans des phases différentes de l'exercice. La **contraction**

volontaire est l'élément permettant l'augmentation du recrutement. Contrairement à l'Automove la participation du patient avec l'Elpha 2000 ne peut être quantitativement observable. Le patient n'a pas de but précis à atteindre et donc ne peut prendre connaissance de son taux de participation, donc de récupération. Cette technique ne peut s'apparenter au biofeedback. Les réglages des seuils de l'A. M 706 sont effectués de façon subjective dans le but d'obtenir un travail de précision du recrutement et de la dissociation, sans pour cela que le patient ait l'impression de ne rien faire. Ce but n'est en aucun cas un travail de force. A notre connaissance, il n'existe pas de protocole objectif de réglage de seuils E. M. G. dans la technique du biofeedback : ce réglage est donc empirique.

Malgré toutes ces imprécisions, l'étude nous permet d'apprécier les caractéristiques de l'Automove par rapport aux caractéristiques du biofeedback. Il paraît bien y répondre. Il est constitué d'un capteur (E. M. G. de surface), d'une centrale de traitement et d'une centrale de communication. Cette information externe de type « tout ou rien » est à la fois visuelle (diode et mouvement) mais aussi sensitive (passage du courant). Or, d'après B BRUGEROLLES <sup>(3)</sup> l'information sensitive semble être une information substitutive très efficace. Les résultats sont objectivés par une mesure chiffrée.

Le biofeedback doit apporter des modifications relativement durable du comportement habile par un apprentissage moteur : c'est un ensemble de processus associés à l'exercice et à l'expérience. Le biofeedback nécessite - après la phase de conditionnement par connaissance des résultats - un sevrage progressif après entraînement sans système de rétro-information mais sous incitation verbale intensive en situation réelle, puis un entretien de cet apprentissage et enfin une évaluation de la méthode <sup>(4)</sup>.

Dans cette étude dont la durée est limitée à celle du stage (1 mois), le traitement par biofeedback s'interrompt à la phase de conditionnement. L'objectif final du conditionnement opérant est de réaliser le mouvement dans l'amplitude totale avec harmonie et sans phénomènes parasites.

## 5. CONCLUSION

L'hémiplégie dont la récupération est très longue et les tableaux cliniques très variés rend difficile les évaluations des différentes techniques de rééducation de cette pathologie.

Les processus qui sous tendent à la récupération fonctionnelle, ainsi que l'impact de la rééducation fonctionnelle sur cette récupération restent en partie mal connues <sup>(10)</sup>. Cependant, le biofeedback est une méthode qui tend à orienter les potentiels de la neuro-plasticité.

Il apparaît clairement au travers du protocole de biofeedback que si le comportement du malade est essentiel dans le succès de cette technique, l'attitude du thérapeute est déterminante dans la conduite du traitement <sup>(2)</sup>. Chez l'hémiplégique le biofeedback présente un triple intérêt :

- Une meilleure compréhension de ses troubles par le malade et une plus grande participation à sa rééducation.
- Pour le rééducateur, il nécessite une analyse et une stratégie rigoureuses et précises.
- Pour la rééducation, cette méthode apporte une évaluation objective des résultats.

Les résultats montrent que l'Automove permet globalement une amélioration du recrutement moteur plus importante que l'Elpha 2000. De plus il est miniaturisé et peut être assimilé à « un trois en un ». Il peut être utilisé comme électro-stimulateur simple (par l'intermédiaire de la commande manuelle) donc sur un membre parétique en attente de signes



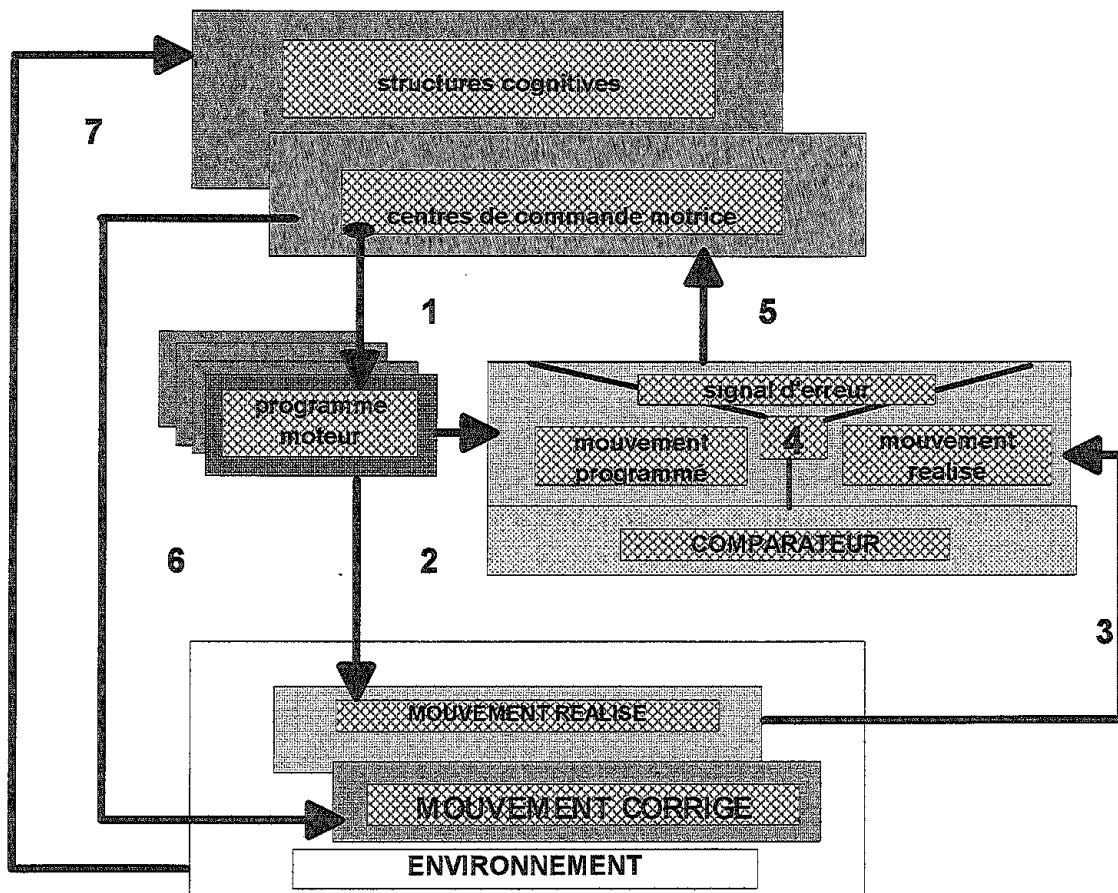
de récupération, comme biofeedback seul, ou par couplage des deux. C'est un facteur non négligeable d'un point de vue économique. Cependant, les objectifs ne peuvent être fixés de façon précise étant donné la subjectivité du réglage des seuils. Ceci reste un problème propre à l'utilisation de l'E. M. G. comme technique de biofeedback.

Ce type d'appareil paraît une bonne indication dans les différents types de pathologie faisant intervenir le biofeedback et électro-stimulation musculaire, notamment en traumatologie et en uro-gynécologie.

## BIBLIOGRAPHIE

1. **ALBERT A.** - Kinésithérapie de la spasticité. ANN. KIN. 1978. 5/4. 103-144.
2. **ANDRE J.M. - BRUGEROLLES DE FRAISSINETTE B. - CHELLIG L.** - Le biofeedback en rééducation motrice. ANN. READAPT. MED. PHYS. 1986. 29/3. 289-310.
3. **ANDRE J.M. - BRUGEROLLES B. - CHELLIG L.** - Le biofeedback dans le traitement de l'hémiplégie. CONCILIA. MED. 1987. 1/6. 148-158.
4. **BRUGEROLLES DE FRAISSINETTE B.** - Le biofeedback en rééducation motrice : critique et définition. THESE : MED. : NANCY. 1984.
5. **CREPON F. - MERCIER J.** - Notions générales : les techniques d'électro-stimulation - Electrophysiothérapie en rééducation fonctionnelle. PARIS : ED. FRISON-ROCHE. 1994 (Coll. Précis pratique de rééducation). 203 p.
6. **DELEGAY J.M.** - Electrologie - E. M. C. (PARIS - FRANCE). Kinésithérapie - Rééducation fonctionnelle - 26 145-A-10.4.1989.24 p.
7. **GARY L.** - Soderberg, Ph D, P T : recording technic - Sélected topics in surface E. M. G. for use in the occupationnal setting : expert perspectives. U.S. Département of Health and Human Services. Public Health Service - Centers for disease control (C. D. C.). National Institute for occupationnal safety and health. Chap. 3 - 179 p.
8. **GEORGE H.** Kraft, MD, Department of Rheabilitation Medecine (RJ-30), University of Waschington, Seattle, WA 98 195. Technics to improve function of the arm and hand in chronic hémiplégia. ARCH. PHYS. MED. REHABIL. VOL 73. MARCH 1992.
9. **JEANNEROD M.** - La récupération fonctionnelle en neurologie - Mécanisme et mode d'emploi - E. M. C. Neurologie (PARIS-FRANCE), 17. 003-D-10,12-1986, 9 p.
10. **JOKIC C. - AZOUVI P. - MONTEIL I. - BUSSEL B.** - Hémiplégies - Editions techniques - E. M. C. Neurologie (PARIS-FRANCE). 17. 004-A-10, 1993, 12 p.
11. **LACOUR M.** - Restauration des fonctions nerveuses : concepts et modèles. La revue d'ONO n° 3-4 (PARIS). La compensation vestibulaire - Décembre 1988, 15 p.

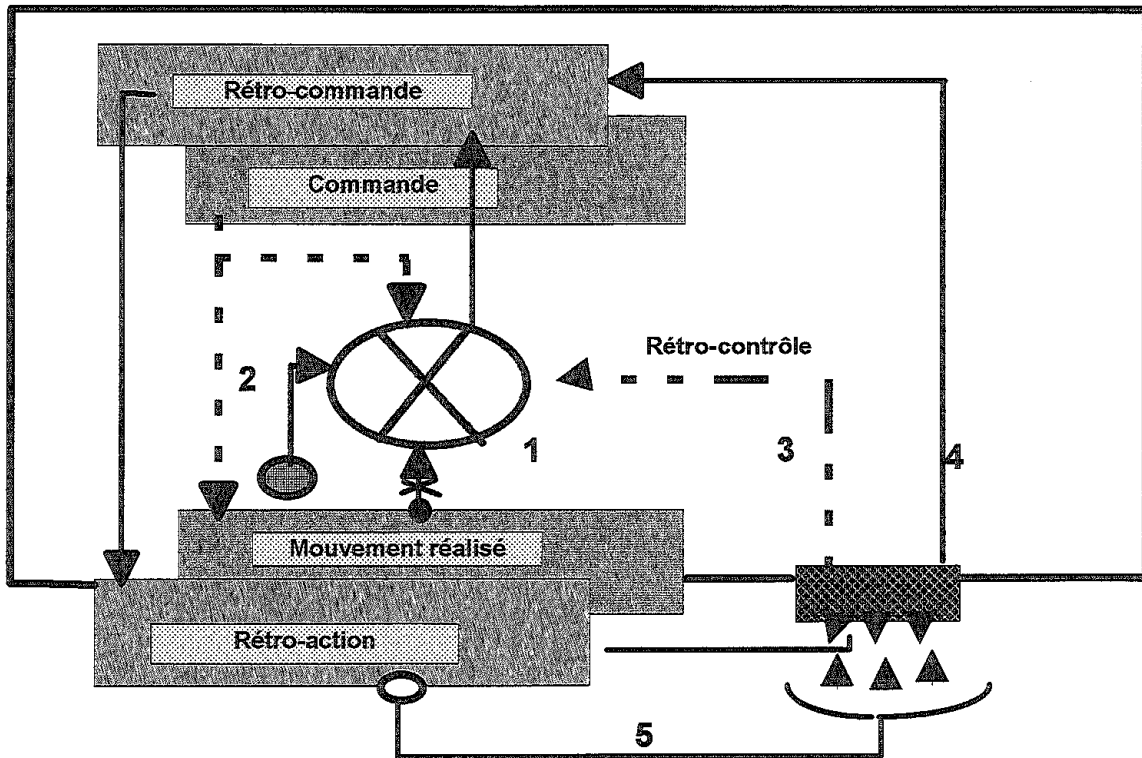
## ANNEXE I



**Figure 1 : contrôle du mouvement.**

Le mouvement réalisé est analysé (3) et comparé (4) au programme théorique dont la copie a été transmise (2) en même temps que l'envoi de l'ordre d'exécution a été envoyé (1). Les différences sont transmises aux structures supérieures (5) qui ont ainsi la possibilité d'effectuer très rapidement les corrections nécessaires (6) en tenant compte des informations concernant l'environnement où se déroule l'action (7).

## ANNEXE I bis



**Figure 2 : principaux feedback utilisés en rééducation.**

La rétro-information physiologique d'un système donné (1) utilise une chaîne spécifique (capteur-transmetteur-analyseur). Quand ce système est défaillant (x) il peut être fait appel à d'autres feedback. Interne : par un dispositif voisin (2). Externe : par un dispositif normalement complémentaire utilisant un récepteur sensoriel différent direct (3) ou indirect par l'intermédiaire d'un dispositif artificiel (5) : cette boucle externe instrumentale est indispensable pour réaliser un feedback. Le feedback externe peut faire intervenir une autre stratégie (4).

## ANNEXE II

### Tableau 1 : LA POPULATION

	Patient	Age	Sexe	Latéralité	Côté hémiplégié	Etiologie	Temps Post-lésionnel	Particularité
Groupe n° 1	1	53	H	droite	gauche	A. V. C.	2 mois	Négligence
	2	37	H	droite	droite	Tumeur	14 mois	Aphasie
	3	50	H	droite	gauche	tumeur	2 mois	Chimio/Radiothérapie
	4	26	H	droite	droite	A. V. C.	4 mois	Retard psychomoteur léger
Groupe n° 2	5	52	H	droite	gauche	A. V. C.	5 mois	x
	6	57	F	droite	droite	A. V. C.	9 mois	Aphasie
	7	28	H	droite	droite	A. V. C.	4 mois	Aphasie
	8	42	F	droite	droite	A. V. C.	6 mois	Aphasie

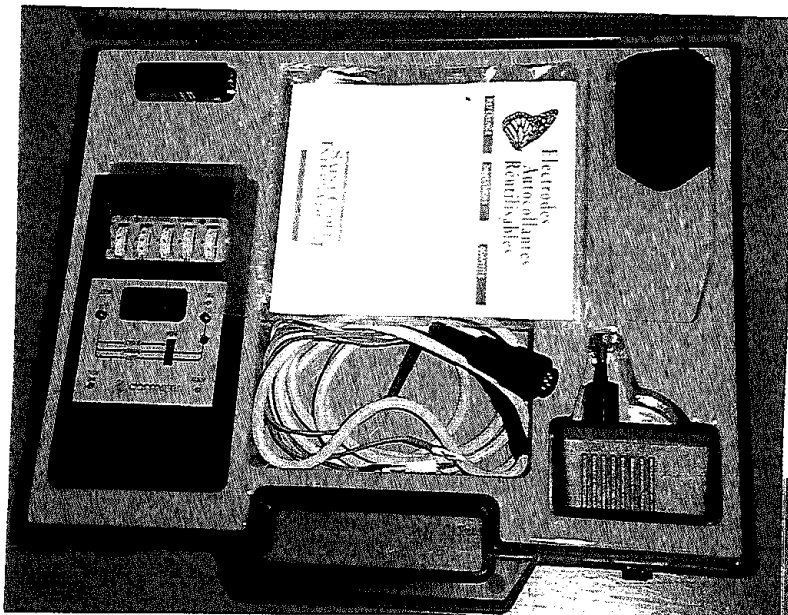


Photo 1 : Automove 706

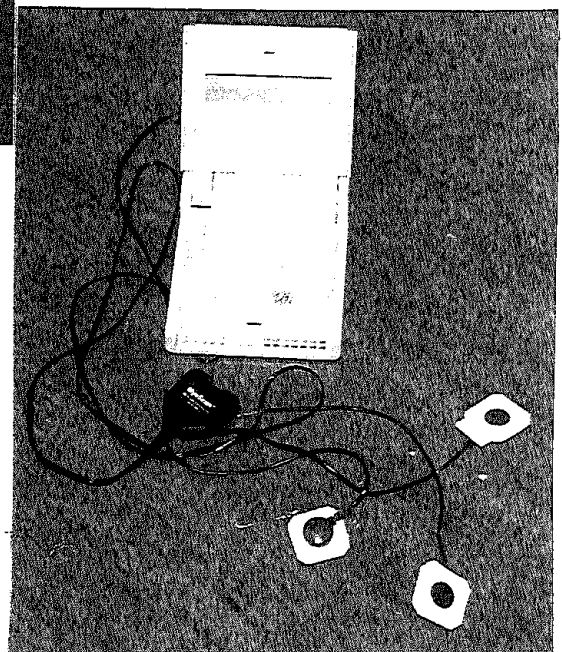
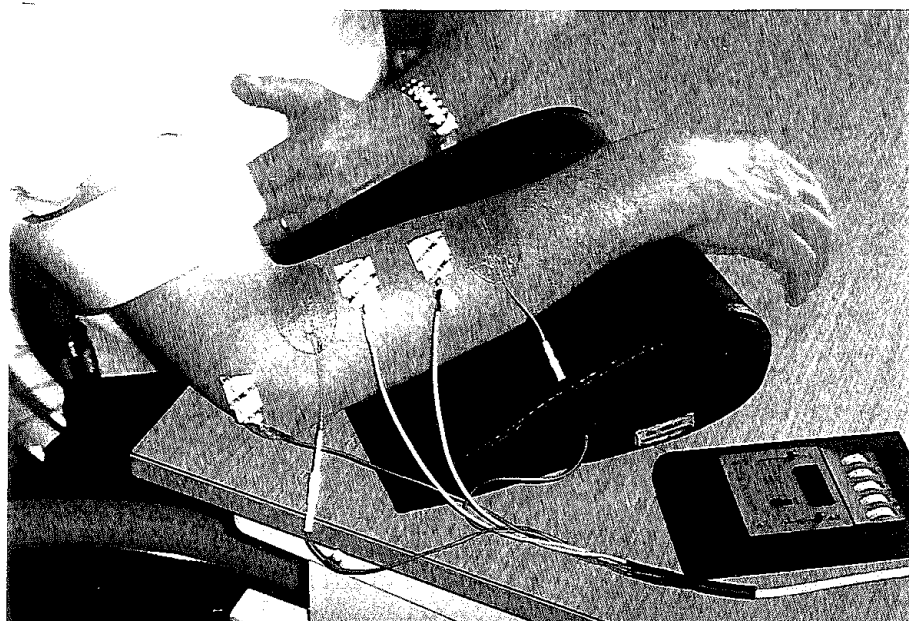


Photo 2 : myotrac II et capteur myoscan E.

### ANNEXE III

**Tableau 1 : CARACTERISTIQUES TECHNIQUES**

CARACTERISTIQUES	A. M. 706	ELPHA 2000
<b>Courant</b>	Impulsion rectangulaire asymétrique à moyenne nulle	
<b>Intensité</b>	de 0 à 60 mA	
<b>Fréquence</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• de 20 à 100 Hz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• de 10 à 100 Hz</li> </ul>
<b>Largeur d'impulsion</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 200 <math>\mu</math>s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 100 à 250 <math>\mu</math>s</li> </ul>
<b>Modulation</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ton (temps de passage du courant) : de 20 à 12 s avec montée progressive</li> <li>• Toff (temps de repos) : de 2 à 50 sec.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temps de montée : de 0.5 à 2 sec.</li> <li>• Ton (temps de passage du courant) : de 2 à 20 sec.</li> <li>• Toff (temps de repos) : de Ton à 50 sec.</li> </ul>
<b>Dimensions</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 150 x 30 x 80 mm</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 117 x 60 x 31 mm</li> </ul>
<b>Poids</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 390 g</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 168 g</li> </ul>
<b>Détection E. M. G.</b>	<b>Sensibilité :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• de 5 à 80 <math>\mu</math>V</li> <li>• de 50 à 800 <math>\mu</math>V</li> <li>• de 125 à 2000 <math>\mu</math>V</li> </ul>	
<b>Indicateurs</b>	<b>Témoin de :</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• passage du courant</li> <li>• défaut d'électrodes</li> <li>• détection du signal</li> <li>• disponibilité de l'E. M. G.</li> </ul>	
<b>Modifications à apporter</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• compteur d'événements</li> </ul>	

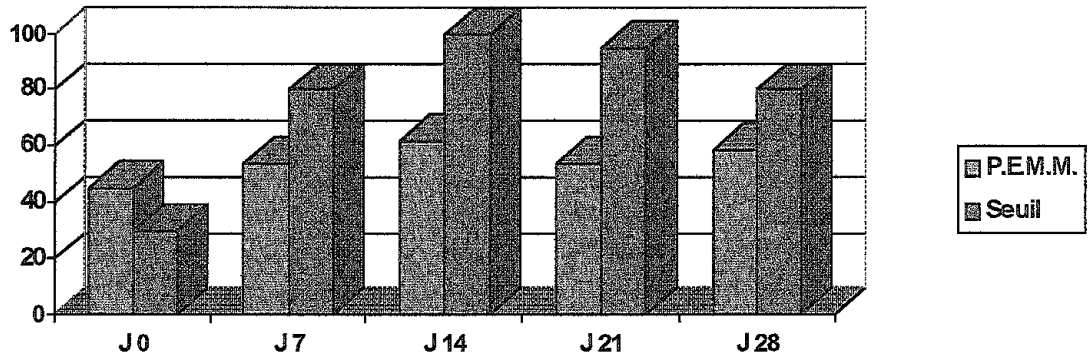


**Photo 1 : installation du patient et des électrodes de l'automove 706.**

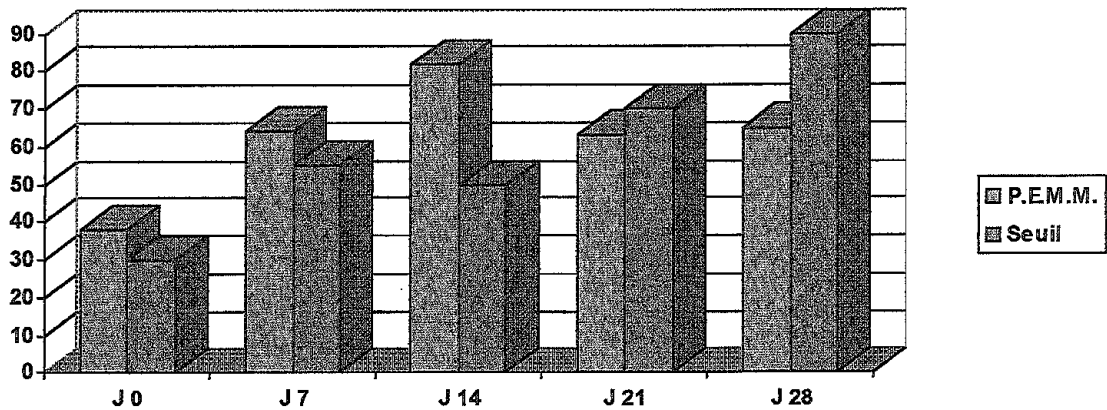
## ANNEXE IV

### PROGRESSION DES P.E.M.M. et SEUILS des patients du GROUPE 1 - de 0 à 28 JOURS

Patient	J 0		J 7		J 14		J 21		J 28	
	P.E.M.M.	Seuil	P.E.M.M.	Seuil	P.E.M.M.	Seuil	P.E.M.M.	Seuil	P.E.M.M.	Seuil
<b>1</b>	45	30	54	80	62	100	54	95	59	80



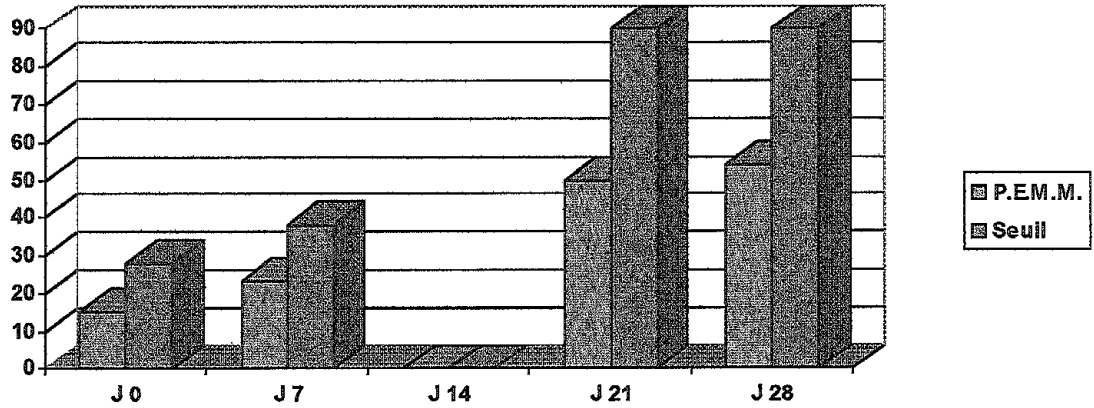
Patient	J 0		J 7		J 14		J 21		J 28	
	P.E.M.M.	Seuil	P.E.M.M.	Seuil	P.E.M.M.	Seuil	P.E.M.M.	Seuil	P.E.M.M.	Seuil
<b>2</b>	38	30	64	55	82	50	63	70	65	90



ANNEXE IV bis

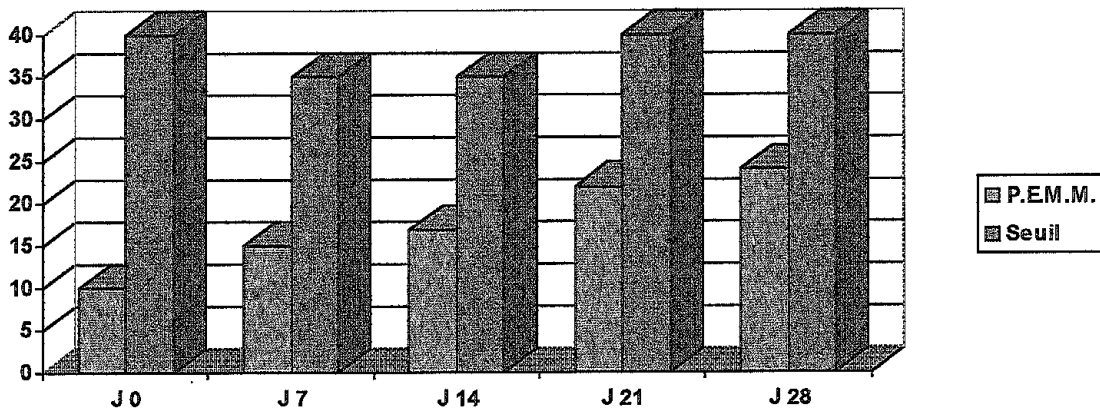
PROGRESSION DES P.E.M.M. et SEUILS  
des patients du GROUPE 1 - de 0 à 28 JOURS (suite)

Patient	J 0		J 7		J 14		J 21		J 28	
	P.E.M.M.	Seuil	P.E.M.M.	Seuil	P.E.M.M.	Seuil	P.E.M.M.	Seuil	P.E.M.M.	Seuil
3	15	28	23	38	0	0	50	90	54	90



Patient 3

Patient	J 0		J 7		J 14		J 21		J 28	
	P.E.M.M.	Seuil	P.E.M.M.	Seuil	P.E.M.M.	Seuil	P.E.M.M.	Seuil	P.E.M.M.	Seuil
4	10	40	15	35	17	35	22	40	24	40



Patient 4