

"Intérêt de l'électrostimulation dans l'entraînement des sportifs de haut niveau"

Cometti Gilles

Unité de formation et de recherches en sciences et techniques des activités physiques et sportives, université de Bourgogne, B.P. 27877, 21004 Dijon Cedex.

Résumé :

L'entraînement par électrostimulation ne peut être considéré comme une forme de dopage. Les méthodes actuelles de musculation, en particulier le travail excentrique et certaines situations de sauts en contrebas, couramment appelées "entraînement pliométrique", exigent une sollicitation maximale (et même supra maximale) des groupes musculaires impliqués dans la performance. C'est pour ces raisons que l'électrostimulation a été introduite dans l'entraînement afin de savoir si elle pouvait constituer une alternative intéressante et efficace au travail classique. Les premières investigations expérimentales confirment son efficacité sans pouvoir montrer des résultats supérieurs à ceux des méthodes traditionnelles. Toutefois l'électrostimulation semble présenter certains avantages qui en font une méthode complémentaire intéressante et non négligeable pour les sportifs de haut niveau. Parmi les avantages qu'elle semble présenter nous pouvons souligner : une action efficace sur la masse musculaire, sur la force maximale concentrique, sur la force isométrique et surtout la force excentrique. Dans plusieurs disciplines sportives (athlétisme, natation, ski de fond, triathlon, sports collectifs) la méthode s'est avérée bénéfique.

"The advantages of electric stimulation in the training of top-level sportsmen."

Summary :

Electric stimulation in training cannot be considered as a form of doping. Present day muscle strengthening methods, in particular eccentric exercises and certain situations involving jumping down, commonly called "plyometric training", require a maximal (or supramaximal) prompting of the muscular groups involved in the performance. That is why electric stimulation has been introduced into training sessions, in order to find out if it could be a worthwhile and efficient alternative to classical exercises. Initial experimental investigations confirm its efficiency though without producing better results than those obtained by traditional methods. Nevertheless electric stimulation seems to offer certain advantages which make it a worthwhile complementary method which should not be neglected by top-level sportsmen. Among what appear to be its advantages we note : a positive effect on muscular mass, on maximal concentric strength, on isometric strength and, above all, on eccentric strength. In several sports disciplines (athletics, swimming, cross-country skiing, triathlon and team sports) the method has proven quite beneficial.

1) POURQUOI L'ELECTROSTIMULATION DANS L'ENTRAINEMENT DES SPORTIFS :

Les techniques de musculation recherchent de plus en plus une sollicitation musculaire importante. Les tensions musculaires atteintes sont maximales et même supra maximales : on parle de tensions de l'ordre de 150 % en contraction excentrique. Dans la pratique l'utilisation de telles charges est problématique quand on connaît les performances maximales réalisées par les athlètes de haut niveau dans le mouvement de flexion-extension de jambes par exemple qui atteignent 300 kg pour des lanceurs. Ces athlètes doivent travailler en excentrique avec 450 kg. On comprend la difficulté des aides pour remonter ces charges. On voit donc apparaître des machines qui se présentent sous forme d'un portique avec une barre et un moteur qui remplace les charges. Le travail de pliométrie, qui consiste pour les jambes à rebondir après un saut en contrebas, est un autre exemple de méthode intense employée aujourd'hui par les athlètes. On parle dans ce cas de tensions atteignant 200% de la force maximale isométrique, les travaux de Dursenev rapportent des hauteurs de chutes atteignant 2,50 m à 3m. On comprend dans ce cas que les chercheurs puis les entraîneurs s'intéressent à d'autres techniques pour savoir si celles ci peuvent leur apporter quelque chose de nouveau. C'est dans cet esprit que nous avons utilisé l'électromyostimulation comme méthode de développement de la force chez des sportifs. Les tensions maximales qu'exigent aujourd'hui les entraînements les plus efficaces sont destinées à recruter les fibres rapides. Les travaux actuels (Enoka, 1988, Duchateau, 1990) montrent que l'originalité de l'électrostimulation sur le plan physiologique réside dans une sollicitation préférentielle des fibres rapides. La technique de la stimulation musculaire semble moins dangereuse que les deux exemples de méthodes "naturelles" précédentes.

2) INFLUENCE DE L'ÉLECTROSTIMULATION SUR LES PARAMETRES DE LA FORCE :

2.1) La force maximale développée sous électromyostimulation :

Comme pour la musculation avec charge le développement de la force dépend de l'intensité de la contraction. Il est évident que l'on ne peut obtenir de progrès en électrostimulation si la force "induite" est inférieure à 60% de la force maximale volontaire. La plupart des tentatives faites avec l'électrostimulation chez des sportifs de haut niveau ne mesurent pas la force induite au cours de l'entraînement. Nous avons constaté que les variations individuelles sont importantes. Certains athlètes arrivent péniblement à développer 10% de leur force maximale volontaire pendant que d'autres atteignent relativement facilement 90%. La première condition à remplir pour travailler correctement en électrostimulation est donc de contrôler la force produite à l'aide d'un dynamomètre. ou mieux à l'aide d'appareils du type "Cybex" ou "Biodex" permettant un contrôle très précis de la force. En prenant ces précautions nous avons constaté que les différents stimulateurs disponibles sur le marché avaient des efficacités variables. Ainsi nous avons mené une étude sur trois stimulateurs différents. Les résultats effectués sur 10 sujets qui ont cherché à obtenir la force maximale induite ont été les suivants :

- avec un appareil de type "ECL'Sport" nous avons obtenu en moyenne 79 % de la force maximale volontaire. (FMV)
- l'appareil de type "Compex" a permis de développer 69 % de la FMV.

- enfin à l'aide d'un "Stipro 10" le résultat a été de 58 %

Il faut noter que les différences entre les appareils se sont avérées statistiquement significatives.

Nous pouvons donc dire qu'une tension induite de l'ordre de 80 % est correcte pour des résultats intéressants. Chez certains athlètes nous obtenons occasionnellement des maximums à 100 % voire 110 % de FMV. Delitto (198) sur un seul athlète, haltérophile de haut niveau, atteint 126 % de FMV. On constate que ces chiffres sont inférieurs à ceux obtenus par des méthodes "naturelles" (excentriques ou pliométriques).

En conclusion le paramètre de la force maximale induite est essentiel dans le contrôle de l'entraînement et de l'expérimentation du travail en stimulation musculaire.

2.2) les progrès en force :

Ils sont variables en fonction du groupe musculaire stimulé, de la spécialité des athlètes, de leur niveau de pratique, du stimulateur utilisé.

Dans les exemples qui vont suivre nous utilisons toujours le même protocole :

3 séances par semaine de stimulation, la séance de stimulation dure 10 mn pour un rythme de 5 secondes de contraction et 15 secondes de repos. La période de stimulation est de trois semaines. Le stimulateur utilisé est du type Compex Sport.

2.2.2) Avec des coureurs de vitesse :

Sur le quadriceps (fig 1), les progrès en force mesurés au Biodex (Ratton, Cometti) ont été de 52 % pour le groupe stimulé. Le groupe témoin ne travaillant pas en électrostimulation ne progressa que de 14 %. Le stimulateur était du type "Compex". Les athlètes stimulés travaillant en moyenne à 80 % de la FMV.

2.2.3) Sur des lutteurs :

La stimulation du biceps brachial (Gillet, Cometti, 1990) sur la même période (3 semaines à raison de 3 fois 10 mn par semaine) a montré un gain de force de 14 % chez des athlètes travaillant à 60% de leur maximum volontaire.

2.2.4) Chez des boxeurs :

L'entraînement par électrostimulation du triceps brachial (Champion, Pousson, 1991) s'est traduit par un progrès de 18,5% de la force maximale avec un Compex. Les athlètes se stimulant en moyenne à 60% de leur force maximale.

2.2.5) Chez des étudiants en éducation physique :

Il s'agissait cette fois de stimuler le triceps sural (Martin, Cometti, 1991), les progrès en force ont été de 31,2% avec un stimulateur de type Compex et des contractions de l'ordre de 63 %.

En conclusion l'amélioration de la force chez des sportifs est une chose réelle sur de nombreux groupes musculaires, les résultats sont toutefois extrêmement variables en fonction des groupes musculaires et des stimulateurs utilisés.

2.3) Evolution des différentes modalités de la force :

Grâce à un dynamomètre de type Biodex (Biodex Corporation, Shirley, NY, USA) nous avons pu mesurer l'influence de l'électrostimulation sur les différentes formes prises par la force : force maximale excentrique, isométrique et concentrique à différentes vitesses.

En effet si l'électrostimulation ne donne pas de résultats plus spectaculaires que le travail avec charges, il semble que son action sur la force soit différente. Hakkinen et coll (1981) ont montré que le travail concentrique améliore la force maximale concentrique et pas les autres types de force, le travail isométrique influe sur la force isométrique (sans agir là encore sur les autres modalités), un entraînement excentrique améliore par contre les trois modalités de la force. Nous avons voulu savoir ce qu'il en était pour l'électrostimulation. On a constaté qu'un cycle de 3 semaines modifiait les trois types de force (fig.2) sur une expérience de stimulation du grand dorsal, l'amélioration la plus importante (40%) ayant lieu pour la force excentrique.

La modification de la force maximale excentrique, que Schmidtbleicher (1985) considère comme la force absolue de l'athlète représente certainement une des particularités essentielles de cette méthode. L'électrostimulation fait donc progresser l'athlète sur la plage complète des paramètres de la force, ce qui entraîne une amélioration plus durable et transférable dans les diverses expressions de la force.

2.4) La masse musculaire :

Sur une expérience (Turostowski, Fayolle, Cometti, 1991) menée sur des sauteurs (hauteur, longueur, triple-saut) nous avons pu contrôler l'évolution de la masse musculaire du quadriceps à l'aide de coupes scannographiques effectuées avant et après entraînement toujours sur une période de 3 semaines. Les sujets stimulés étaient au nombre de 12, un groupe témoin de 12 sujets effectuait le même travail en contraction volontaire à la même intensité. Les gains de masse musculaire ont été de 4 à 8 % pour les sujets stimulés. Ces gains se sont avérés statistiquement significatifs ($p < 0,05$). Dans le même temps le groupe témoin ne progressait que de 2 %, ce gain n'étant pas significatif. Ces résultats ont été confirmés sur le biceps brachial (Gillet, Cometti, 1990) où l'augmentation de masse musculaire fut de 4,5 % grâce à la stimulation. Toutefois sur des coureurs de demi-fond (Assadi, Cometti, 1991) qui continuaient leur entraînement d'endurance, alors que les paramètres de force du quadriceps se sont améliorés, aucune modification de la masse musculaire n'a été enregistrée pour la même période de travail. L'entraînement par stimulation du triceps brachial (Champion, Pousson, 1991) et du triceps sural sur des sujets sportifs (Martin, Cometti, 1991) n'a entraîné quant à elle aucune modification de la masse musculaire.

En conclusion l'entraînement par électrostimulation entraîne une augmentation significative de la masse musculaire et ceci sur des périodes courtes (3 à 4 semaines) pour certains muscles (quadriceps, biceps). Par contre un entraînement en parallèle d'endurance semble en mesure de neutraliser l'effet sur la masse musculaire. Pour d'autres groupes musculaires (triceps) les modifications de masse ne sont pas significatives.

2.5) La détente :

L'entraînement par électrostimulation du quadriceps influence directement la détente verticale. Toutefois la détente étant un problème de force explosive la qualité de la stimulation est prépondérante et le choix du stimulateur est déterminant. Les tests de détente sont de 2 types : le "Squat Jump" (SJ) et le "Contremouvement Jump"(CMJ). Ces deux modalités définies par Bosco (1986) consistent à mesurer la détente verticale en contraction concentrique pure (sans étirement préalable, le sujet commençant le test avec flexion des genoux à 90°) pour le Squat Jump ou avec une flexion et donc un étirement préalable pour le CMJ. Une expérience sur des sauteurs en hauteur (Clément, Cometti, 1987) avec un appareil de type ECL a montré un progrès de 11 % ($P<0,05$) en SJ et aucune modification du CMJ. Ceci souligne l'intérêt d'introduire des exercices sollicitant l'étirement musculaire au cours de la période d'entraînement par électrostimulation. Avec un appareil de type Compex (Turostowski, Cometti, 1990), les progrès en SJ et en CMJ furent significatifs ($P<0,05$) et respectivement de 7% et 6%, mais dans le même temps le groupe témoin travaillant en contraction volontaire obtint lui aussi des progrès significatifs ($P<0,05$) respectivement de 10% et de 5%. Avec un appareil de type Stipro 10 (Fayolle, Cometti, 1991) les progrès en détente chez des sauteurs ne furent pas significatifs.

3) INFLUENCE SUR LA PERFORMANCE SPORTIVE :

Nous avons voulu voir si les modifications de force obtenues grâce à l'électrostimulation se traduisaient par des modifications de l'efficacité dans les disciplines sportives.

3.1) Chez des coureurs de vitesse : (Ratton, Cometti, 1988)

Nous avons effectué notre étude sur 10 sprinters répartis en 2 groupes : 5 subissant un entraînement de course et un entraînement de musculation classique, 5 autres s'entraînant de la même façon l'entraînement de musculation étant remplacé par un entraînement en électrostimulation.

Le programme d'électrostimulation:

- La séance:

elle comporte : - 10 mn de stimulation de chaque quadriceps.

- 10 mn de stimulation des muscles grands fessiers.

- 5 mn de stimulation de chaque triceps.

L'intensité du travail en électrostimulation oscille entre 60 et 80% de la force maximum volontaire. Le stimulateur est du type ECL.

- La semaine : elle se compose de 3 séances d'électrostimulation.

- Le cycle : 6 semaines avec stimulation et 6 semaines sans stimulation

	3		3		3		3	
test	semaines	test	semaines	test	semaines	test	semaines	test
1	électro.	2	électro	3	entraîn.	4	entraîn.	5

Les tests portent sur :

- la force du quadriceps ;
- le test de Bosco 15 secondes.

Les résultats obtenus furent les suivants :

a) la force maximale volontaire :

On constate un progrès spectaculaire et significatif entre T1 et T2 (au bout de 3 semaines d'électrostimulation) de 52,66%. Dans le même temps le groupe témoin n'a augmenté que de 14,11%. Le groupe expérimental a ensuite stagné puisque les progrès ne sont passés que de 52 à 61%.

b) Le test de puissance de Bosco en 15 secondes :

Nous avons cherché un test qui soit proche de l'activité de la course de 100 m, et soit simple et reproductible dans les mêmes conditions. Bosco a mis au point un test qui présente une corrélation élevée avec l'épreuve sur 100 m. Ce test consiste à demander à l'athlète de rebondir sur un tapis le plus haut possible pendant 15 secondes. L'appareil (appelé "ergojump") permet de mesurer les temps de contacts et les temps de suspension et de calculer la puissance développée par les jambes. Il nous servira donc comme test de "sprint".

On constate une baisse spectaculaire à la fin des trois premières semaines, au moment où au contraire la force du quadriceps augmente de façon importante. On peut donc en déduire que les 2 paramètres ne sont pas compatibles. L'élasticité musculaire dont le test de Bosco essaie de rendre compte semble souffrir de la forte augmentation de force du quadriceps. Par contre à T5 le gain est finalement de 9,20% et ce progrès est significatif. Il faut donc une période d'adaptation pour que le test d'élasticité traduise les progrès en force. Cette remarque est fondamentale dans le travail par électrostimulation. : 6 semaines sont nécessaires pour transférer la force acquise dans le geste de la course. Pour concrétiser plus précisément encore les progrès des sujets disons que 3 des sujets stimulés ont amélioré leur temps sur 100 m de 2 dixièmes de secondes.

3.2) Chez des nageurs :

Nous avons effectué 2 expériences : une concernant les bras avec stimulation du grand dorsal, l'autre portant sur les jambes et plus particulièrement sur le quadriceps.

La stimulation du grand dorsal sur 6 nageurs de niveau moyen a donné des résultats positifs. (Petiot, Cometti, 1991)

Les tests de force ont été réalisés sur le mouvement de flexion-extension de l'épaule. Le groupe stimulé a progressé de 43% en force excentrique, 15% en force isométrique, 10% en force concentrique (180°/s). Ces 3 résultats sont statistiquement significatifs ($P < 0,05$). Le groupe témoin ne s'entraînant qu'en natation n'a enregistré aucune modification significative. Les tests de natation proposés ont été : un 25 m crawl bras seuls, un 25 m nage complète, un 50 m nage complète. Les gains du groupe stimulé ont été de 0,19 s., 0,19 s. et 0,38 s. respectivement pour les 3 tests. Seul le premier et le troisième test furent significatifs ($P < 0,05$). Le groupe témoin n'enregistra aucune modification.

En conclusion la stimulation du grand dorsal est en mesure d'améliorer la performance en natation.

La stimulation du quadriceps a fait l'objet d'une seconde expérience. (Jacquot, Cometti, 1991) Sur 8 nageurs s'entraînant de la même manière 4 ont ajouté un entraînement en électrostimulation pendant 3 semaines. Les nageurs stimulés ont progressé en force excentrique (13%), isométrique (6%) et concentrique (12%) à 60°/s, mais aucun de ces gains ne s'est avéré significatif. Les tests de natation proposés, 25m jambes en brasse, 25m jambes en crawl et 25m jambes en papillon, ont montré une perte de 0,05 s en brasse, un gain de 0,43 s en crawl et 0,45 en papillon, mais aucun de ces résultats ne s'est avéré significatifs. Dans le même temps le groupe témoin avait plutôt perdu du temps sur les 3 tests. La stimulation du quadriceps chez des nageurs, si elle a permis un gain de temps intéressant pour l'entraîneur, n'a pourtant pas pu être validée par les statistiques, ceci étant du au faible échantillon de nageurs.

3.3) En aviron : (Burthier, Cometti, 1991)

10 filles de "sport études" réparties en 2 groupes ont participé à un cycle de travail en électrostimulation. Le groupe expérimental a ajouté 9 séances de stimulation sur 3 semaines par rapport au groupe témoin. Les résultats au Biodex ont montré des progrès en force sur toutes les vitesses mais avec une différence significative ($P < 0,05$) seulement pour les vitesses de 180° et de 240° par seconde. Le groupe témoin n'a pas progressé de façon significative. Sur un test spécifique effectué sur un ergomètre (machine à ramer) permettant de mesurer la puissance développée sur 15 et 30 secondes les progrès ont été respectivement de 4,4% et de 5,1 % (significatif pour $P < 0,05$)

3.4) En bicross : (Kik, Cometti, 1990)

12 coureurs ont participé à une expérience introduisant l'électrostimulation. 6 sujets furent stimulés de façon classique (position cf figure 1) et 6 autres furent stimulés sur le vélo en situation isométrique. Le but de l'expérience étant de voir si une stimulation en position spécifique pouvait présenter un intérêt. Les tests de force maximale isométrique sur le vélo ont montré un progrès significatif ($P < 0,05$) de 3,34% pour le groupe stimulé sur vélo et aucune modification pour le groupe stimulé en position assise. Pour le test spécifique bicross, consistant en un 20m départ arrêté avec cellules photoélectriques, les progrès furent de 0,36 s et 0,72 s respectivement pour le groupe stimulé "classique" et le groupe stimulé "sur vélo". Seul le second résultat s'est révélé significatif ($P < 0,05$).

En conclusion, en bicross l'électrostimulation n'entraîne une amélioration de la performance que si la stimulation intervient dans la position spécifique du cycliste.

4) PERSPECTIVES FUTURES :

L'une des questions importantes posées par l'entraînement en électrostimulation réside dans la possibilité de dépasser la force maximale volontaire. Des études récentes (Poumarat et coll. 1990) ont montré l'impossibilité d'augmenter la force maximale volontaire isométrique et concentrique en surimposant l'électrostimulation. Nous avons refait ce type d'expérience dans des conditions très précises (Feleu, Cometti 1991). 10 sujets ont effectué des tests de force maximale volontaire en concentrique à 60, 180 et 360°/s et en excentrique à 60°/s. Puis on leur a demandé de recommencer mais en ajoutant cette fois une stimulation électrique. En concentrique à 60°/s le fait de rajouter la stimulation à la contraction volontaire a entraîné une

diminution de la force (-15%) (fig. 3). Par contre pour les vitesses rapides la force s'est trouvée augmentée de façon significative ($=p<0,05$), respectivement de 11% pour 180°/s et 22% pour 360°/s Nous avons obtenu le même résultat sur la contraction excentrique (17%) Il semble donc que si l'électrostimulation est en mesure de permettre à l'athlète de dépasser son maximum se soit en utilisant de tel protocole (travail excentrique ou travail concentrique à vitesse rapide). Nous pensons que les prolongements futurs de cette technique appliquée au sport iront dans cette direction.

5) CONCLUSION :

Nous pensons que l'électromyostimulation ne constitue pas une forme de dopage car il s'agit d'une méthode de musculation présentant comme les techniques classiques des avantages et des inconvénients. En aucun cas les résultats obtenus ne sortent de l'ordinaire et les tensions produites sont inférieures à celles rencontrées dans les autres procédés.

Parmi les avantages de l'électrostimulation on peut noter :

- une possibilité de gain de masse musculaire
- une augmentation de force qui touche tous les paramètres de la force.
- une amélioration des performances sportives.

La méthode est également intéressante :

- pour l'échauffement à la compétition
- pour travailler les jambes quand on ne peut soulever de charge.
- pour entretenir la force en période de compétition.

Enfin les perspectives de la méthode sont à chercher dans sa combinaison avec les autres procédés plus classiques (concentrique, excentriques, etc.....)

Bibliographie

Cometti G., (1988) La pliométrie, UFR STAPS, université de Bourgogne, BP 138, 21004, Dijon cedex

Cometti G., (1989) les méthodes modernes de musculation, tome 1, données théoriques, 350 p, UFR STAPS, université de Bourgogne, Dijon.

Cometti G., (1990) les méthodes modernes de musculation, tome 2, données pratiques, 300 p, UFR STAPS, université de Bourgogne, Dijon.

Duchateau J., (1990) principes de l'électrostimulation musculaire et recrutement des différents type de fibres, communication aux "journées internationales d'électrostimulation, Clermont-ferrand, novembre 1990.

Enoka, R.M., (1988) Muscle strength and its development : new perspective, *Sports Medicine*, 6, 146-168.

Hakkinen, K. and Komi, P. V. (1981) Effect of différent combined concentric and eccentric muscle work regimens on maximal strength development. In *Journal of Human Movement Studies*, 7, 33-34.

Martin L., Cometti G., Pousson M., Morlon B.(1991), Influence d'un entrainement par électromyostimulation sur différentes caractéristiques mécaniques et morphologiques du triceps sural, communication au colloque de la société de biomécanique, Lille novembre 1991.

Poumarat G., Squire P., Dabonneville M., Lawani M., (1990) contractions isométriques et isocinétiques induites par neuro-stimulation musculaire, communication aux "journées internationales d'électrostimulation, Clermont-ferrand, novembre 1990.

Schmidtbleicher D. (1985) Classification des méthodes d'entrainement en musculation. In traduction Insep n°498. (edited by Insep)

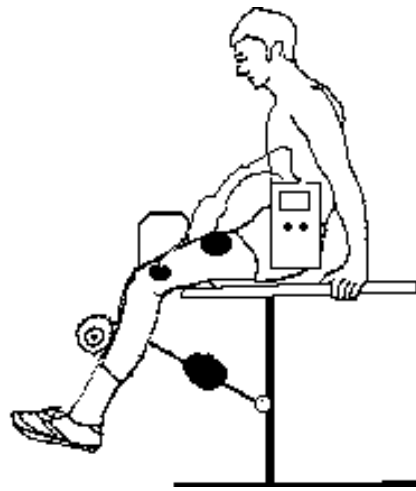


figure 1 : la position de travail pour la stimulation du quadriceps.

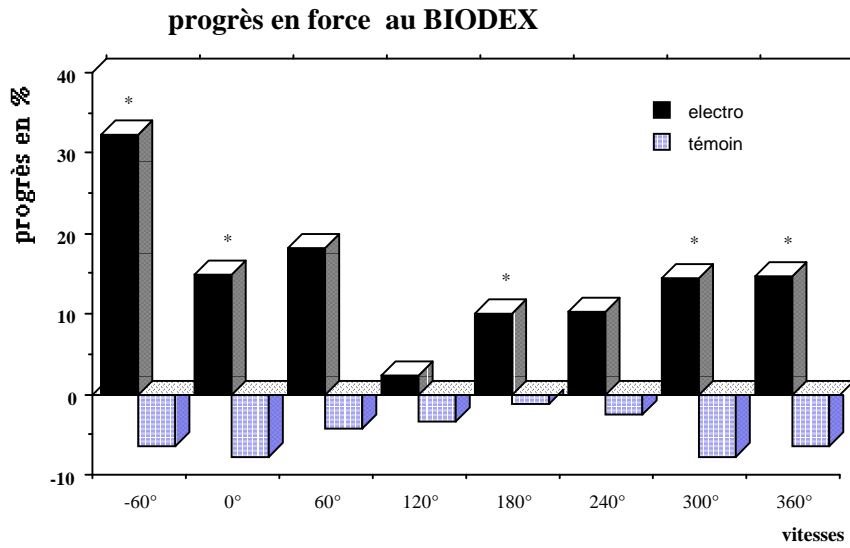


figure 2 : les progrès en force mesurés au biodex sur un mouvement de flexion-extension de l'épaule, à l'issue d'un cycle de stimulation du grand dorsal. On constate les progrès importants en excentrique (-60°/s)

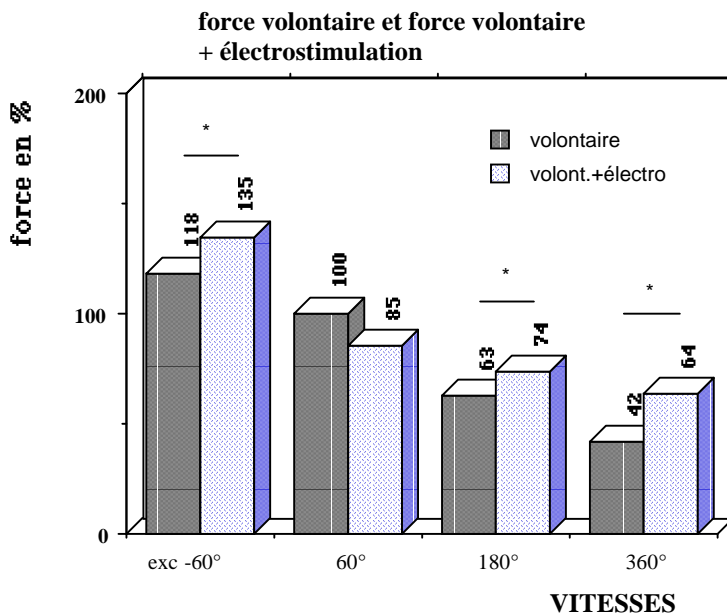


figure 3 : comparaison entre la force maximale volontaire et la force maximale volontaire avec surimposition d'électrostimulation. On constate que le fait de rajouté la stimulation sur la force maximale en concentrique à 60°/s diminue la force produite. Par contre la force excentrique est augmentée de même que la force concentrique pour les vitesses rapides. (180 et 360°)