

MINISTERE DE LA SANTE
REGION DE PICARDIE
Ecole de cadres de kinésithérapie
BOIS-LARRIS

**QUANTIFICATION, CHEZ LA DANSEUSE CLASSIQUE, DE
L'ACTIVITE ELECTRIQUE DES MUSCLES DES LOGES
POSTERIEURE ET EXTERNE DE JAMBE**

Rapport de recherches personnelles présenté par
Marie-Agnès DENIZET
Masseur-kinésithérapeute diplômée d'état,
en vue de l'obtention du certificat de
moniteur-cadre en masso-kinésithérapie
Année 1989-1990.

Nos remerciements les plus vifs s'adressent à,

Monsieur Gilles PENINOU
M.C.MK
Enseignant à l'E.F.O.M

pour nous avoir soutenu, éclairé, et guidé tout au long de ce travail.

Nous remercions également,

Monsieur Le Docteur Jacques SAMUEL

Directeur de l'E.F.O.M,

pour avoir mis à notre disposition le matériel de l'école.

Madame Sylvie HERMELINE

Médecin

Professeur de danse classique à la Sorbonne,

pour nous avoir permis de concrétiser notre idée.

Monsieur Jean-Claude FERNANDES

Photographe de la Sorbonne,

pour sa générosité et sa disponibilité exceptionnelle.

Mademoiselle Muriel TISON

Documentaliste à l' E. C. K BOIS-LARRIS,

pour sa patience et ses conseils avisés.

Les ELEVES du cours de Madame HERMELINE,

pour leur aimable participation.

RESUME

Nous nous interrogeons sur l'utilisation de la musculature de la jambe, chez la danseuse classique, pendant l'exercice de son art.

Pour répondre à cette question, nous utilisons la quantification de l'activité électrique grâce à un E.M.G de surface pratiqué sur la loge postérieure et externe de jambe pendant le travail sur pointe et sur demi-pointe.

L'E.M.G. est intégré à un système analogique informatisé.

Il ressort de l'étude que la danseuse classique utilise préférentiellement les muscles de la loge externe de jambe, et que l'activité électrique du triceps sural semble s'éteindre après 0,5 secondes de relevé sur pointes.

SOMMAIRE

RESUME

1. INTRODUCTION	1
2. MATERIEL ET METHODE	1
2.1. Population	1
2.2. Matériel	2
2.3. Méthode	2
2.3.1. Installation des électrodes	3
2.3.2. Mouvements testés	4
2.3.3. Prise des mesures	9
2.3.4. Traitement informatique des données	10
3. RESULTATS	11
3.1. Activité du muscle triceps sural dans les quatre positions	12
3.2. Activité des muscles péroniers latéraux dans les quatre positions	13
3.3. Déséquilibre antérieur : comparaison triceps/péroniers	14
3.4. Pointes en position spontanée : comparaison triceps/péroniers	15
3.5. Demi-pointes : comparaison triceps/péroniers	16
3.6. Triceps : pointes/demi-pointes	17
3.7. Péroniers latéraux : pointes/demi-pointes	18
4. DISCUSSION ET HYPOTHESES	19
4.1. Déséquilibre antérieur	19
4.2. Montée sur pointes	19
4.3. Montée sur demi-pointes	20
5. CONCLUSION	21
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	22

1. INTRODUCTION

L'étude que nous nous proposons d'entreprendre a pour origine la question suivante: dans les traumatismes musculaires ou ostéo-tendineux de la jambe ou de la cheville chez la danseuse classique, la rééducation doit-elle porter préférentiellement sur les muscles de la loge postérieure ou de la loge externe de jambe ?

Cette réflexion nous a amené à vérifier l'intensité de l'activité électrique des muscles triceps sural et péroniers latéraux chez la danseuse classique dans différentes situations. Ces positions sont choisies en fonctions des gestes et des pas rencontrés dans la profession.

2. MATERIEL ET METHODE

2.1. Population

Les exercices ont été testés sur 20 danseuses classiques, adultes jeunes, étudiantes du cursus universitaire de danse de Paris-Sorbonne (Paris IV) préparant à la maîtrise nationale en danse.

Ces jeunes filles se destinent à l'exercice professionnel de la danse classique (compagnie, professorat...); la pratique de la danse représente pour chacune d'elles au minimum une dizaine d'heures de travail hebdomadaire.

Dans ce groupe de jeunes femmes, la taille moyenne est de 162,8 cm \pm 4,34 et le poids moyen de 52,74 kg \pm 5,46.

Les âges se répartissent de la façon suivante (fig.1) :

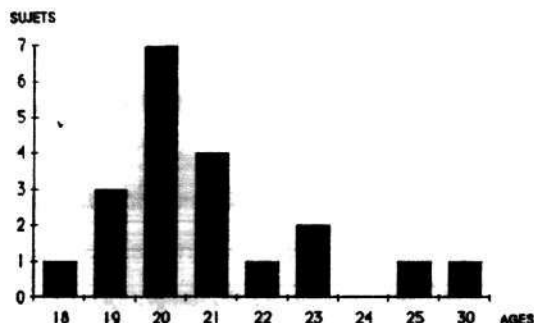


Fig. 1 histogramme des âges

2.2 Matériel

L'étude utilise:

- un EMG à deux pistes (de type Medelec) et des électrodes de surfaces.
- un système d'intégration analogique Mac Adios Manager II.
- un boîtier interface permettant la liaison entre les périphériques et le système d'intégration.
- un micro-ordinateur Mac II X.



Fig. 2 présentation du matériel

2.3. Méthode

Pour tous les sujets, l'EMG n'a concerné que les péroniers latéraux et le triceps de la jambe droite.

Le signal électrique est d'abord capté par un préamplificateur (de l'EMG) puis il est dérivé vers un boîtier interface qui sert de connection avec la carte et le logiciel (Mac Adios Manager II) intégrés au micro-ordinateur Mac II X.

Ces matériels permettent de transformer le signal électrique en signal analogique, de pouvoir conserver les données de ce signal, de faire les calculs de signaux redressés et de comptabiliser ces signaux, avec une fréquence de l'ordre de 1000 informations (points) par seconde, pendant une durée de 10 secondes. Chaque point représente un chiffre qui correspond à l'intensité en mV.

Pour chaque sujet nous avons enregistré l'activité des péroniers latéraux et du triceps sural pendant 10 secondes et avec 4 mouvements différents.

L'analyse chiffrée est réalisée à l'aide d'un tableur (Excel) sur le micro-ordinateur Mac IIX.

2.3.1. Installation des électrodes

La peau est dégraissée à l'alcool à 90° sur les zones testées, et on applique un gel conducteur entre peau et électrodes.

Les électrodes de surface ECEM, de type cupule EBG 1-2 de diamètre 5 mm, sont collées sur la peau par des bandes de sparadrap (deux bandes en croix sur chaque électrode) qui permettent la stabilité des cupules et évitent la communication du gel.

- pour le muscle triceps sural (fig 3) : l'électrode neutre est placée sur la TTA, les électrodes actives (la positive et la négative) sont placées à 2 cm l'une de l'autre en plein milieu du corps charnu, c'est-à-dire à l'union des deux jumeaux (union tiers supérieur tiers moyen de jambe).



Fig. 3 installation des électrodes sur le triceps sural

- pour les péroniers latéraux (fig. 4) : l'électrode neutre est située sur la tête du péroné, les électrodes actives sont situées à 5 cm et 7 cm de la tête du péroné; pour la pose de ces électrodes il est demandé au sujet d'effectuer une flexion plantaire et valgus de cheville, pointe du pied au sol (fig. 4).



Fig. 4 mise en place des électrodes sur les péroniers latéraux

2.3.2. Mouvements testés

A travers le mouvement de référence, qui est de rattraper l'oscillation du corps vers l'avant (déséquilibre antérieur), nous nous sommes intéressés au relevé sur pointe et sur demi-pointe avec et sans chausson qui sont des mouvements de base sans cesse effectués par la danseuse classique.

Nous tenons à mettre en garde le lecteur à propos des termes pointe et demi-pointe. Ce qui est communément appelé dans le langage médical et paramédical "être sur la pointe des pieds" correspond en fait en danse à la position demi-pointe (fig. 5).



Fig. 5 position demi-pointe

Etre sur pointe signifie pour la danseuse classique que tout le poids de son corps repose sur l'extrémité des orteils, les phalanges étant dans le prolongement des métatarsiens en position verticale (fig. 6).



Fig. 6 position pointe

Tous les mouvements testés ont été précédés d'un essai préalable afin de nous assurer que le sujet avait bien compris ce que nous lui demandions.

Premier test : déséquilibre antérieur (fig. 7 a, 7 b).

Le sujet est debout, les pieds parallèles légèrement écartés, dans des chaussons de pointe, bras pendants le long du corps. Ils se déséquilibrent vers l'avant de façon monobloc et reviennent. La danseuse suit le rythme imposé par une personne qui compte à haute voix: "un-deux, un-deux, " Le premier "un-deux" correspond au déséquilibre antérieur. Le deuxième "un-deux" correspond au retour. Et on reprend le tout. Le temps du "un-deux" est de 1,5 secondes. La durée totale de l'exercice est de 10 secondes.

Deuxième test : montée sur pointes (fig .8 a, 8 b).

Le sujet est debout, avec ses chaussons de pointe. Au départ du mouvement les pieds sont en position spontanée (fig), le membre supérieur droit pendant le long du corps, la main gauche en appui contact pour s'aider dans le relevé sur pointes.



Fig. position spontanée de la danseuse classique

Les ordres sont les suivants et correspondent à :

- "Monte" : Montée sur les deux pointes ou "relevé" en terminologie de danse, avec appui sur la main gauche.
- "Lâche la main" : le sujet retire sa main et est toujours sur pointes.
- "Tiens" : la danseuse tient la position sur pointes.
- "Redescends" : Elle redescend pieds à plat au sol sans reprendre appui sur la main gauche.

La progression de ces quatre ordres s'étale sur 4 à 5 secondes, soit environ deux progressions par test.

Troisième test : montée sur demi-pointes, pieds parallèles (fig. 9 a, 9 b)

Le sujet debout, relève sur demi-pointes, pieds parallèles, sans chaussons, bras pendants le long du corps. Les pieds sont légèrement écartés, comme dans le premier test.

La danseuse suit le rythme qui correspond à :

- "un-deux" : montée sur demi-pointes
- "un-deux" : descente.

Le temps de "un-deux" est de 1,5 secondes.

Quatrième test : Montée sur demi-pointes, pieds en position spontanée (fig. 10 a, 10 b).

La position des pieds reste identique à celle du deuxième test.

Sujet debout, bras pendants le long du corps, pieds sans chaussons.

La danseuse suit le rythme imposé qui correspond à :

- "un -deux" : montée sur demi-pointes
- "un-deux" : descente

Le temps de "un-deux" est toujours de 1,5 secondes et l'exercice est repris sur 10 secondes.

Les troisième et quatrième tests sont effectués sans chaussons. En effet, les mêmes tests, avec chaussons, ont montré à l'analyse qualitative que l'activité musculaire était nettement inférieure à celle développée sans chaussons. De plus, sur le terrain, nous avons observé que l'élévation sur demi-pointes avec chaussons était moins importante que sans, du fait du bridage du pied par la tension rigide de la semelle et de l'empêchement du chausson.

Nous avons donc éliminé ces tests avec chaussons.

Les quatre mouvements testés dans l'ordre d'exécution

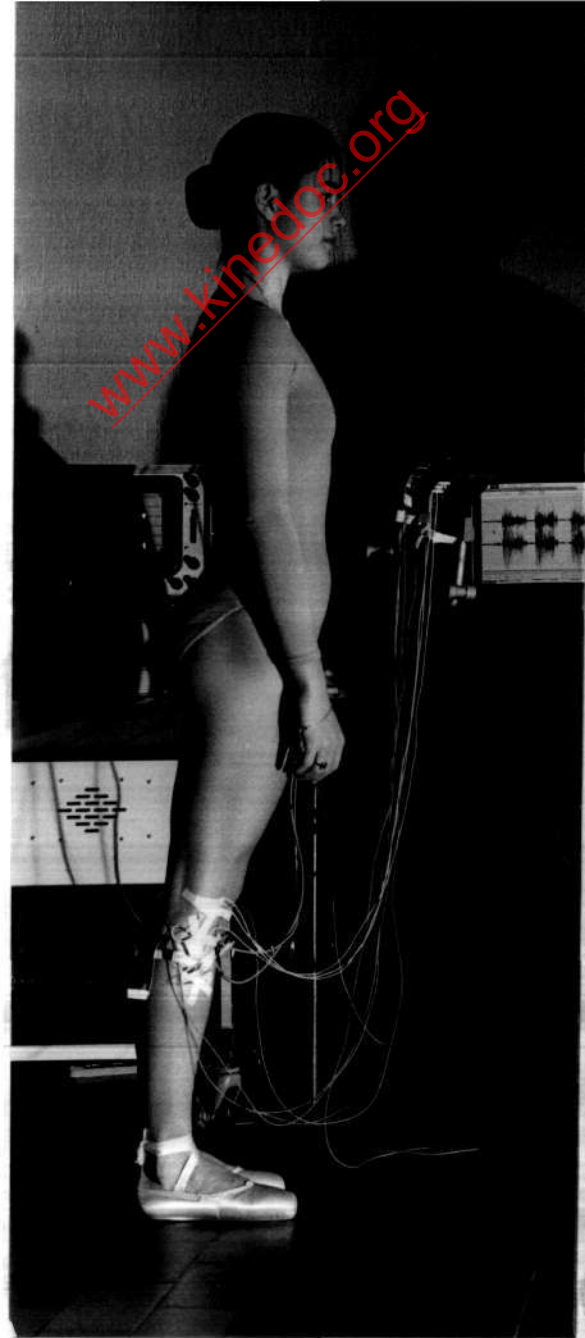


Fig. 7a

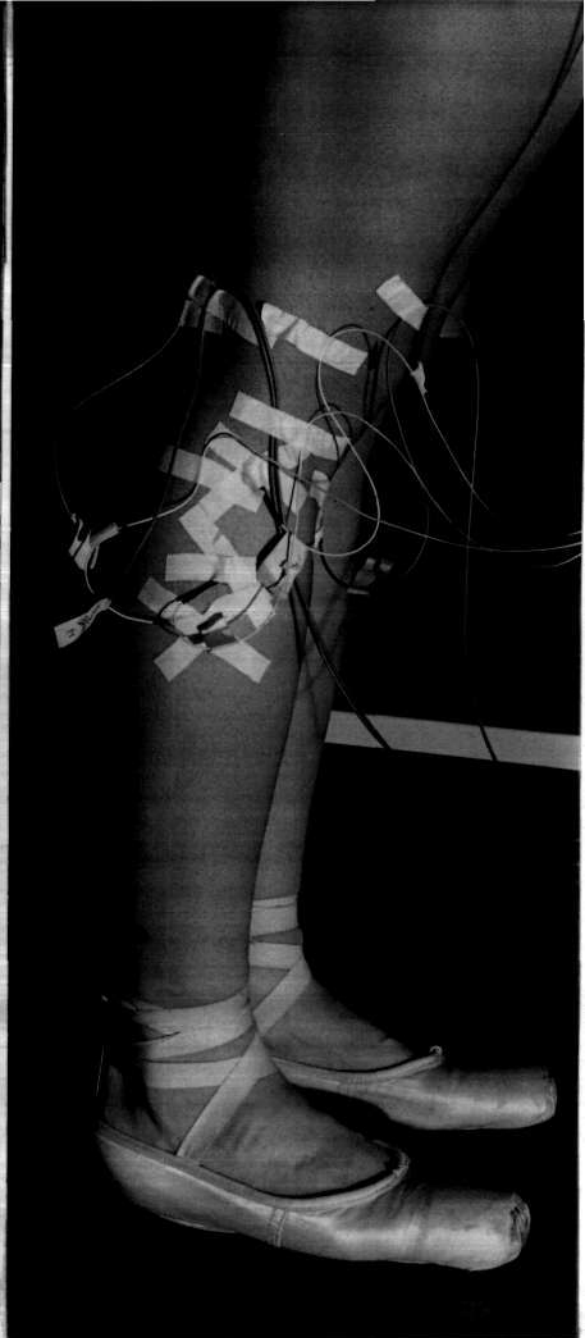
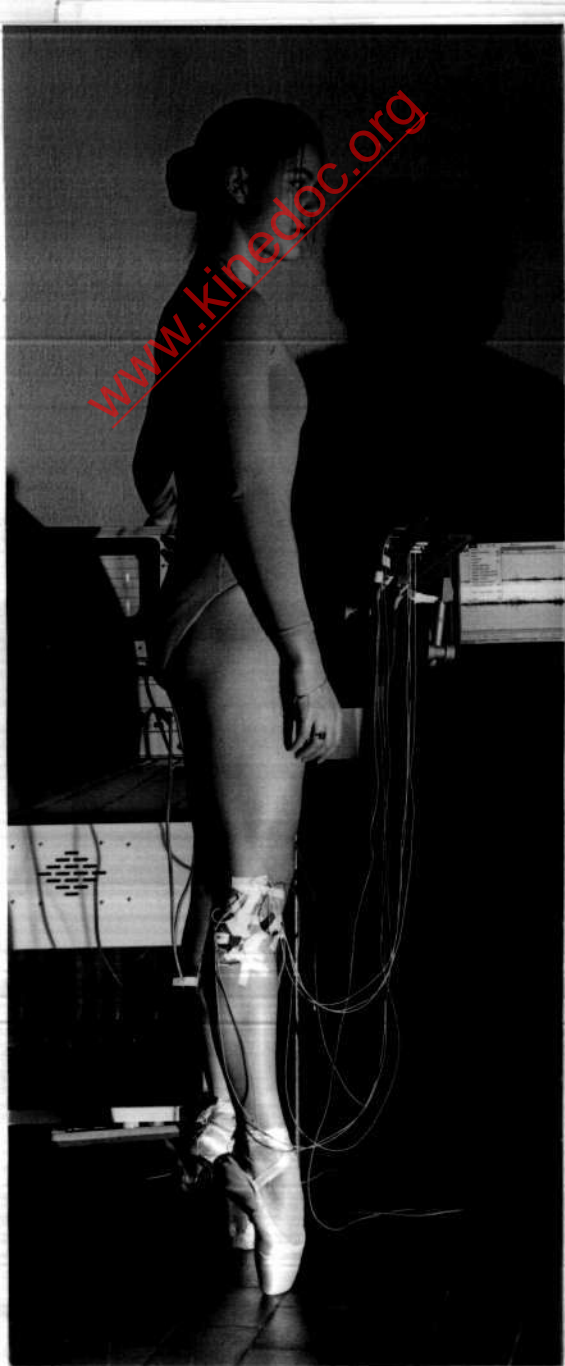


Fig. 7b

Déséquilibre antérieur



www.kinedoc.org

Fig. 8a

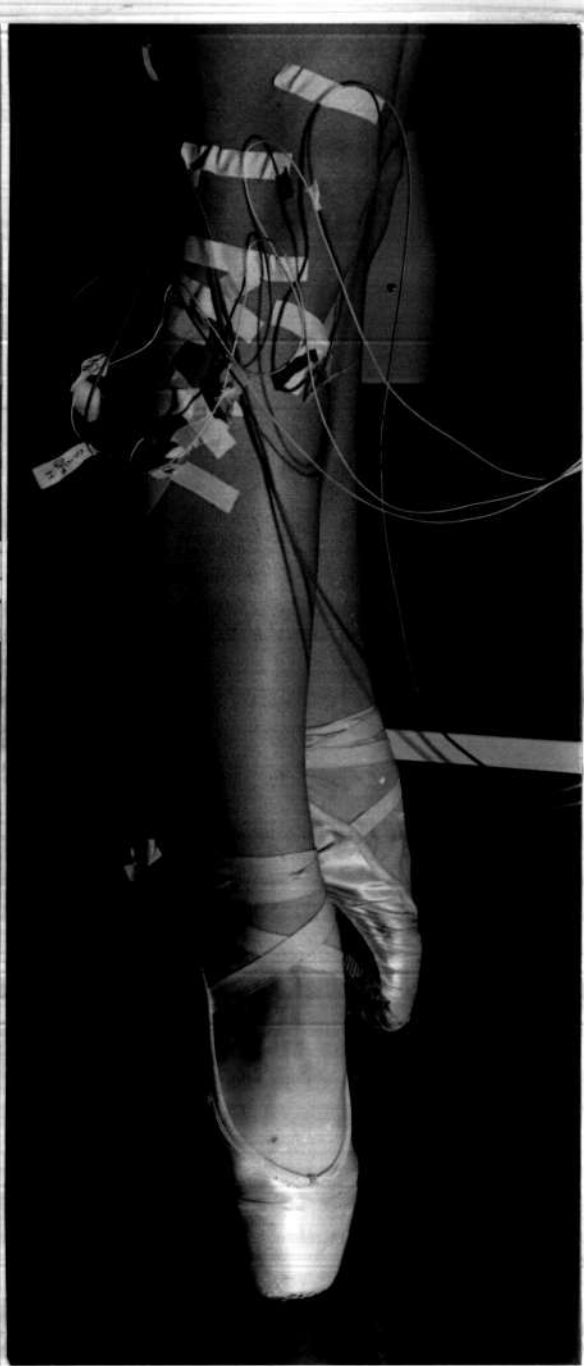


Fig. 8b

Montée sur pointes

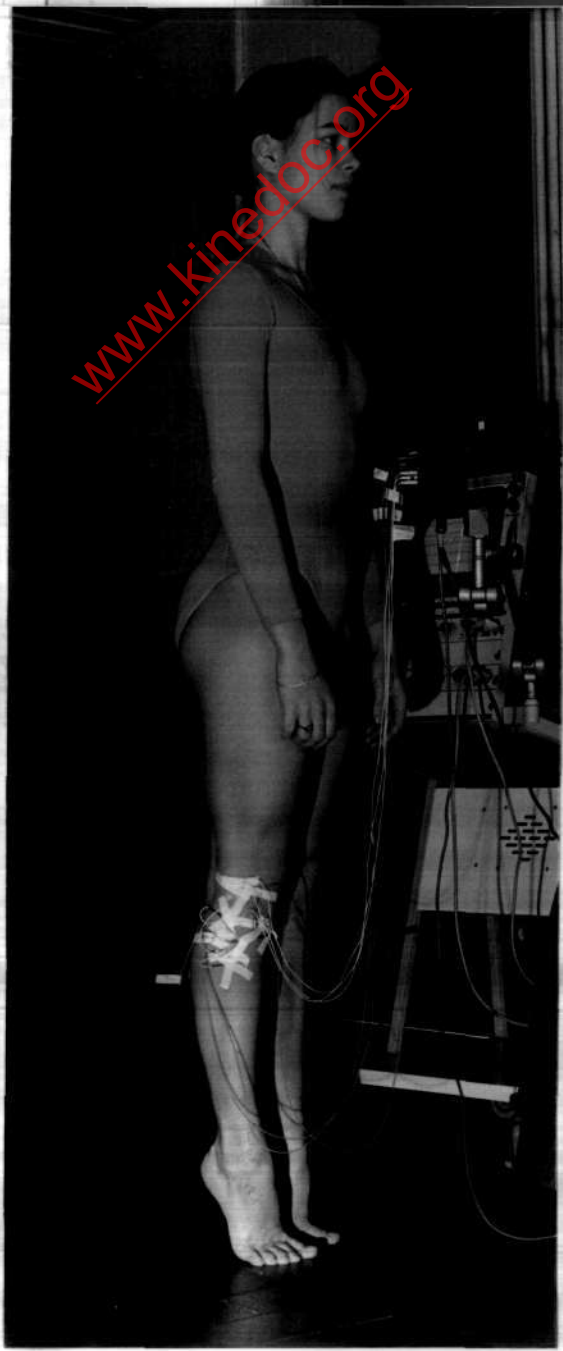


Fig. 9a

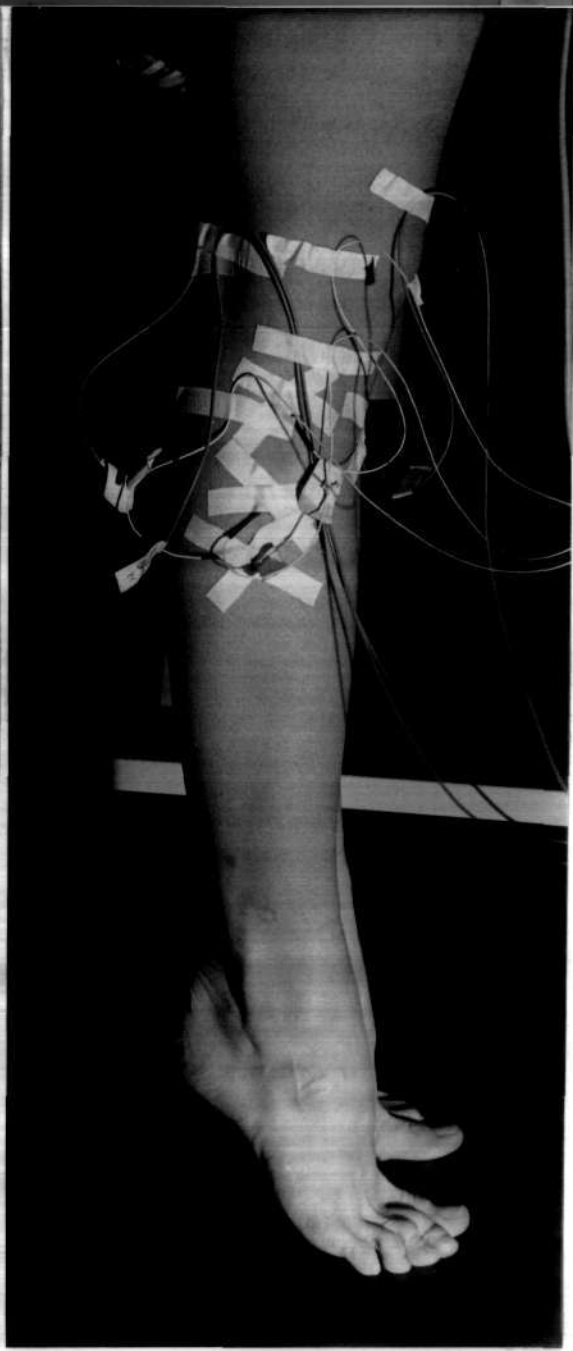


Fig. 9b

Montée sur demi-pointes, pieds parallèles

www.kinedoc.org

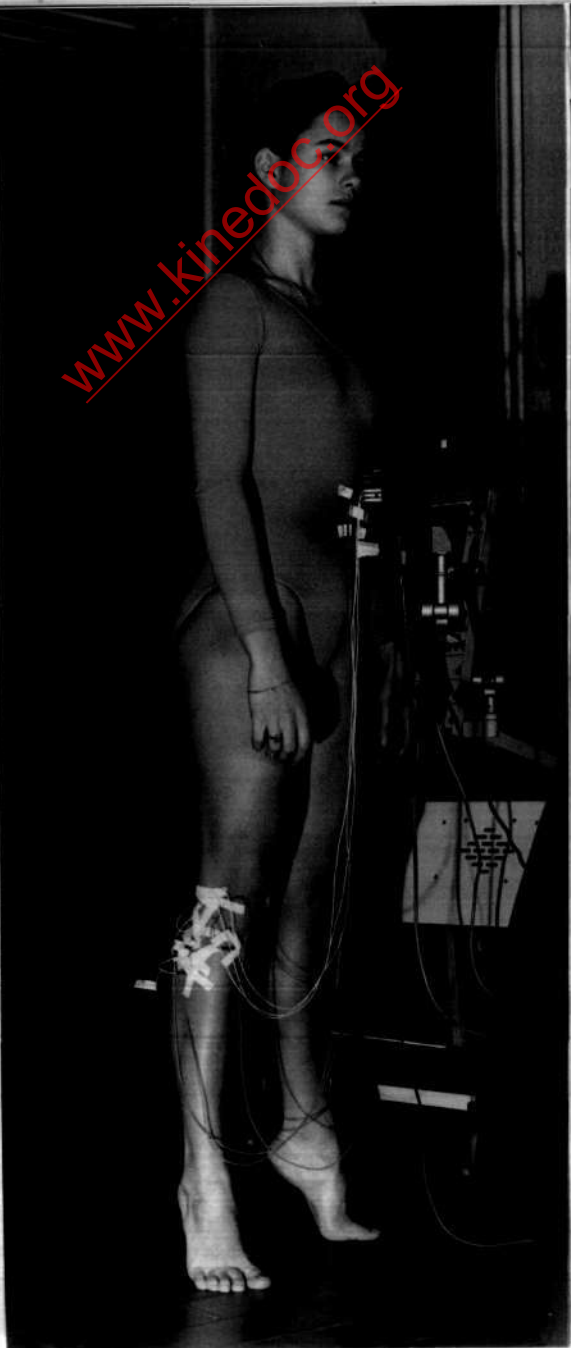


Fig. 10a

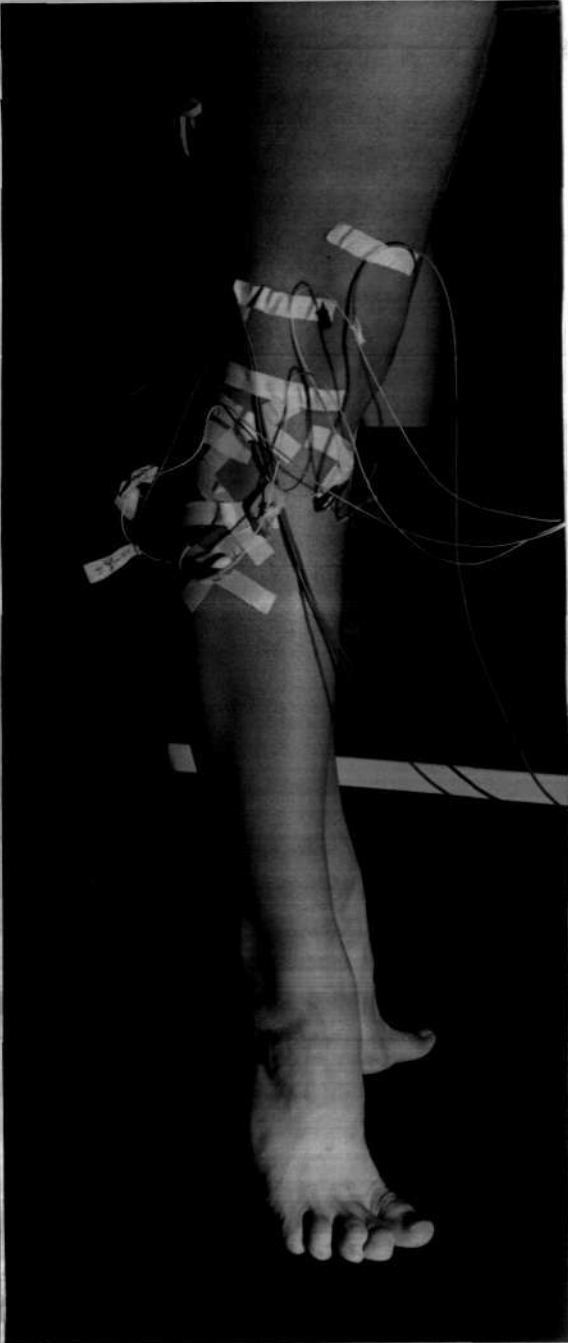


Fig. 10b

Montée sur demi-pointes, pieds en position spontanée

2.3.3. Prise des mesures

Au niveau des pré-tests, nous avons vérifié l'installation des électrodes en demandant un mouvement de bascule supinatrice et pronatrice du pied en chaîne fermée et ouverte. Ceci nous assure que l'enregistrement correspond bien aux muscles désirés.

L'écran de l'oscilloscope nous permet de voir en permanence les deux tracés du triceps sural et des péroniers latéraux et avant tout enregistrement de vérifier que le signal est correct (importance de la ligne iso-électrique, absence de parasite, intensité de la réponse).

L'opérateur, après avoir créé les dossiers dans lesquels il va enregistrer les informations du mouvement du sujet, se met en position d'enregistrement et lui seul commande le top du début du mouvement.

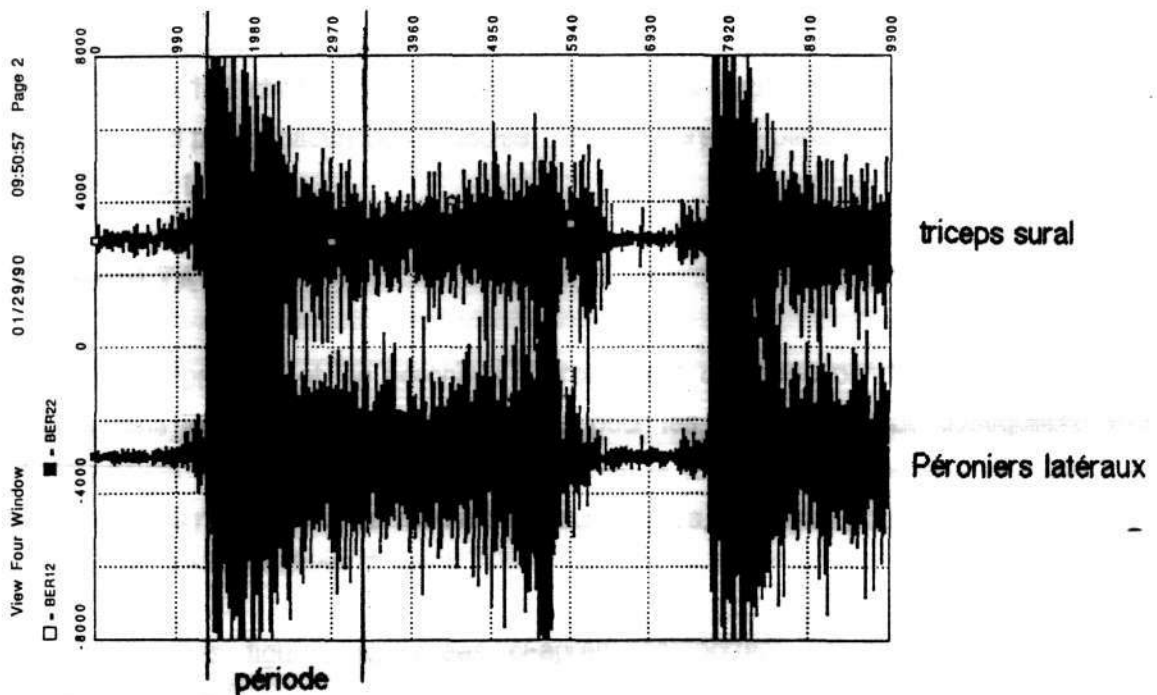
Pour chaque exercice, l'enregistrement est lancé avant de donner l'ordre de commencer le mouvement. Ceci nous permet d'apprécier le zéro de l'activité myo-électrique.

2.3.4. Traitement informatique des données.

Les informations enregistrées sont stockées en brut, puis dans un second temps sont tirées sur papier pour une analyse qualitative.

Ces informations sont enregistrées sur 10 secondes, et représentent 10 000 points.

C'est à partir de l'analyse qualitative que nous décidons de choisir une période (fig.11) la plus significative de ce que l'on veut montrer pour l'analyse quantitative. En effet, on désire comparer l'intensité de travail du triceps sural et des péroniers latéraux entre 4 situations données; aussi il est nécessaire de moyenner l'ensemble de la population sur une période comparable à tous les sujets.



Montée sur pointes

Fig. 11 Données qualitatives

Il est choisi d'analyser pour chaque test et chaque sujet une période d'activité de 2000 points, qui correspond au temps d'analyse de 2 secondes. Le choix de début de la période intervient juste après la phase de repos et au moment où l'enregistrement signe une activité franche correspondante au mouvement demandé. Cette période est isolée, transformée en données lisibles par le tableur Excel.

Ensuite, nous avons créé une macroprogrammation dans laquelle nous avons pu séquencer les 2000 chiffres de la période des 2 secondes en une série de 20 fois 100 chiffres, dont nous avons fait ensuite les calculs de moyennes qui nous ont permis d'établir les courbes de résultats.

Les courbes sont représentatives d'un sujet moyen. c'est-à-dire que pour chaque séquence de 100 chiffres (soit 20 séquences), nous avons établi la moyenne de tous les sujets, et ceci pour chacun des muscles : triceps sural et péroniers latéraux, et dans quatre mouvements testés.

3. RESULTATS

Le triceps sural et les péroniers latéraux sont observés pendant 2 secondes de leur activité dans les quatre mouvements. Ainsi pour les mouvements de déséquilibre antérieur et de relevés sur demi-pointes, nous analysons la totalité du temps aller (1,5 sec.) et 0,5 sec. du temps retour. Pour le mouvement sur pointes, l'analyse porte sur le temps d'aller et de maintien de la position (2 sec.).

Toutes les figures observées ci-après, comportent en abscisse des valeurs qui correspondent à la moyenne de l'intensité sur 1/10^{ème} de seconde, et en ordonnée des valeurs analogiques (val. anal.) arbitraires dues à l'étalonnage.

3.1. Activité du muscle triceps sural dans les quatre positions (fig. 12)

L'activité est la plus faible et la plus constante lorsque le sujet se déséquilibre vers l'avant.

On note un pic important lorsque la danseuse monte sur pointes, puis une chute d'activité.

Les deux courbes, de la montée sur demi-pointes pieds parallèles et pieds en position spontanée, sont sensiblement identiques : l'activité musculaire croît au démarrage du mouvement, puis se stabilise, et enfin chute.

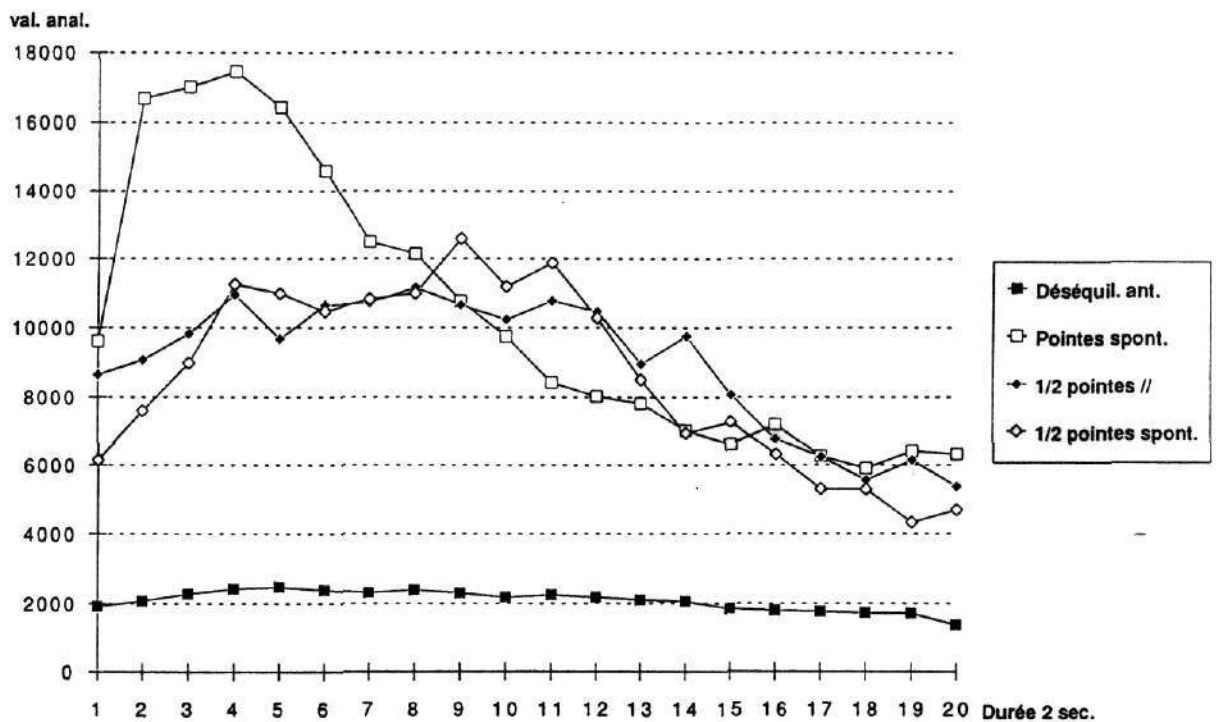


Fig. 12 Activité du muscle triceps sural dans les 4 positions

3.2. Activité des muscles péroniers latéraux dans les quatre positions (fig.13)

L'activité musculaire la plus faible et la plus constante, est là aussi observée lorsque la danseuse se déséquilibre vers l'avant.

L'activité la plus importante est celle enregistrée lors du relevé sur pointes, elle croît puis se stabilise.

Lors de la montée sur demi-pointes, pieds parallèles ou en position spontanée, l'activité musculaire est identique, elle croît progressivement, devient élevée, et chute progressivement.

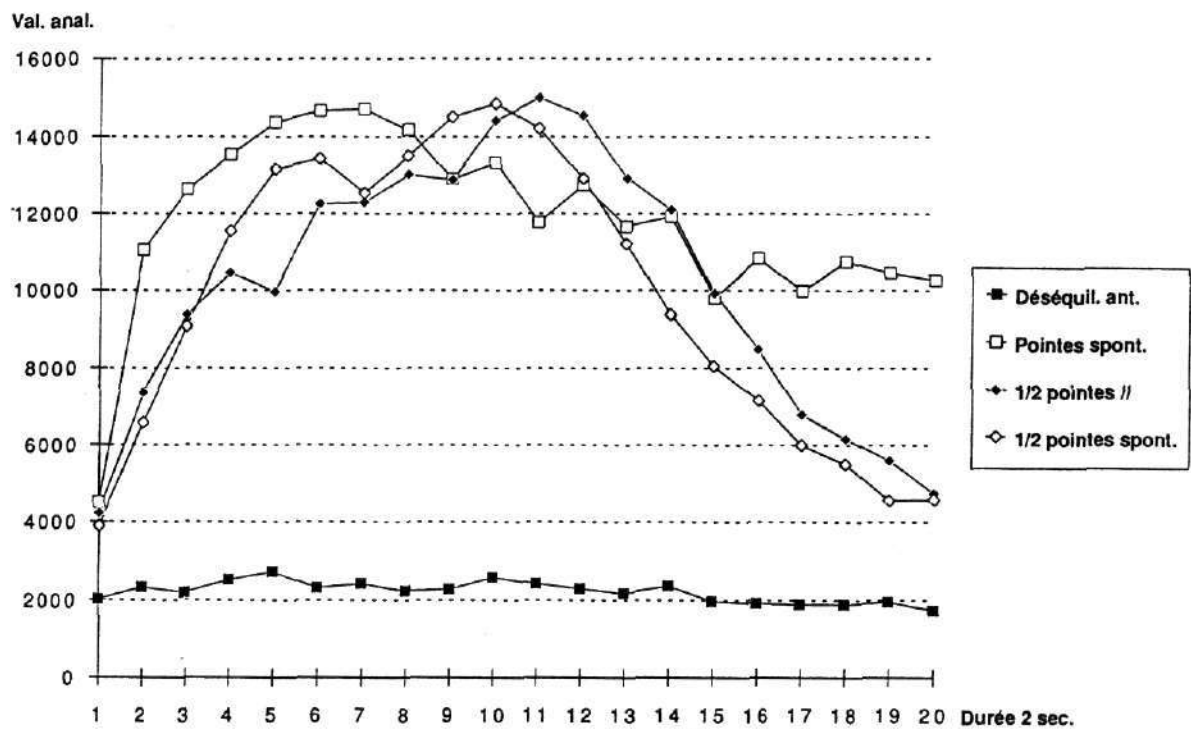


Fig. 13 Activité des muscles Péroniers dans les 4 positions

3.3. Déséquilibre antérieur : comparaison triceps/péroniers (fig. 14)

L'activité des 2 groupes musculaires est globalement identique, elle varie peu durant le déséquilibre vers l'avant, et décroît de la même façon lorsque le sujet amorce le retour du mouvement.

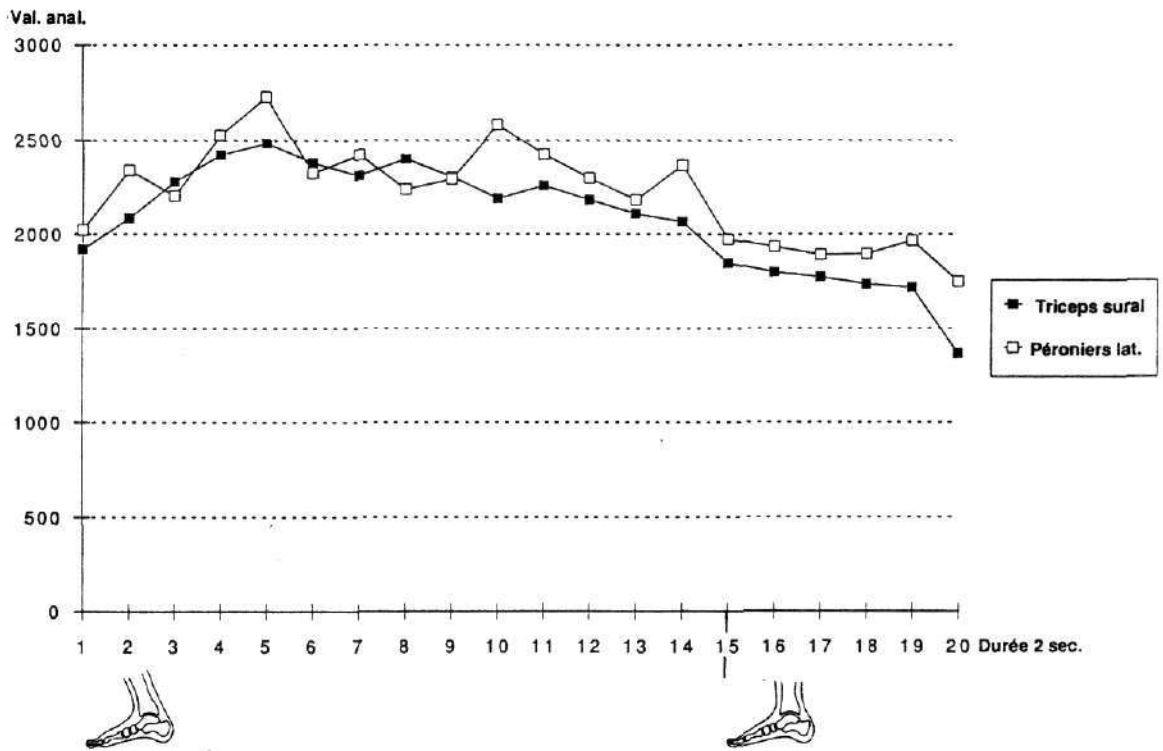


Fig. 14 Déséquilibre antérieur

3.4. Pointes en position spontanée : comparaison triceps/péroniers (fig. 15)

L'activité entre les deux groupes musculaires est dissociée :

- forte activité du triceps sural au démarrage de l'élévation sur pointes, puis chute à partir de 0,4 secondes.
- montée exponentielle des péroniers latéraux puis descente lente et stabilisation de l'activité.

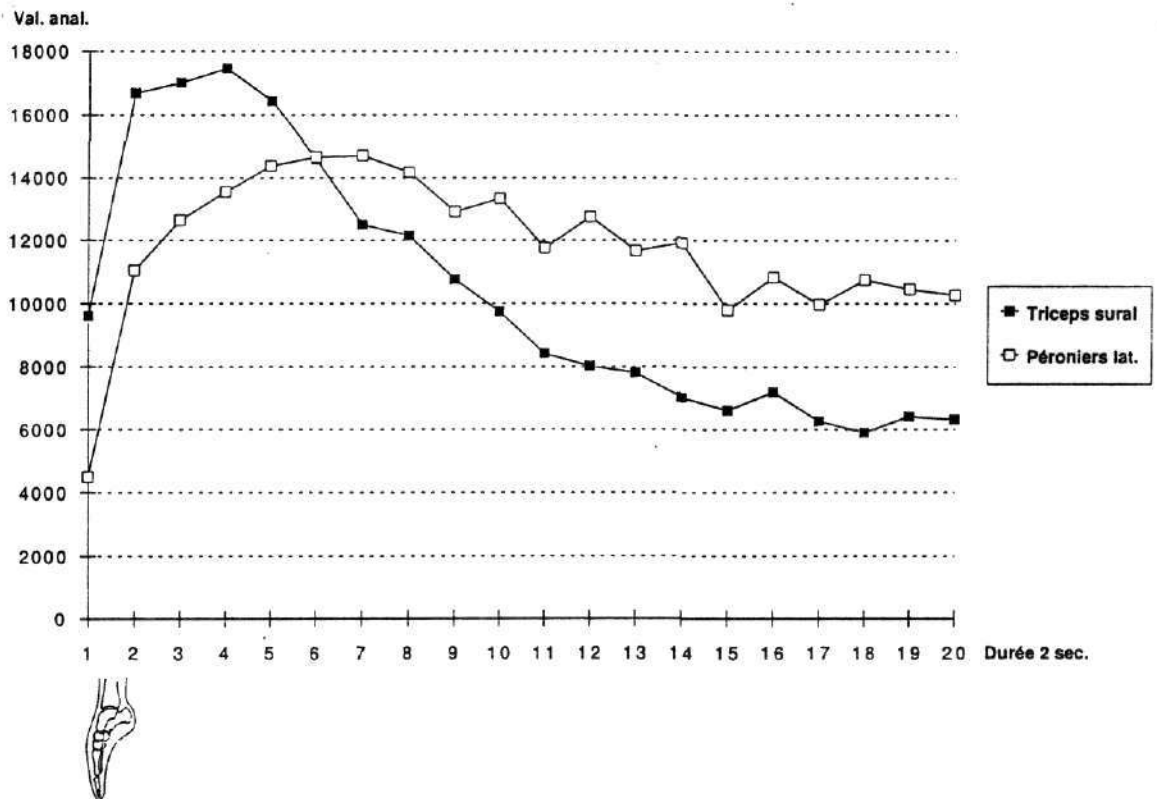


Fig 15 Pointes en position spontanée

3.5. Demi-pointes : comparaison triceps/péroniers (fig. 16)

Les péroniers sont dominants pendant ce mouvement, sauf au départ et après la période de 1,5 secondes où les activités sont identiques.

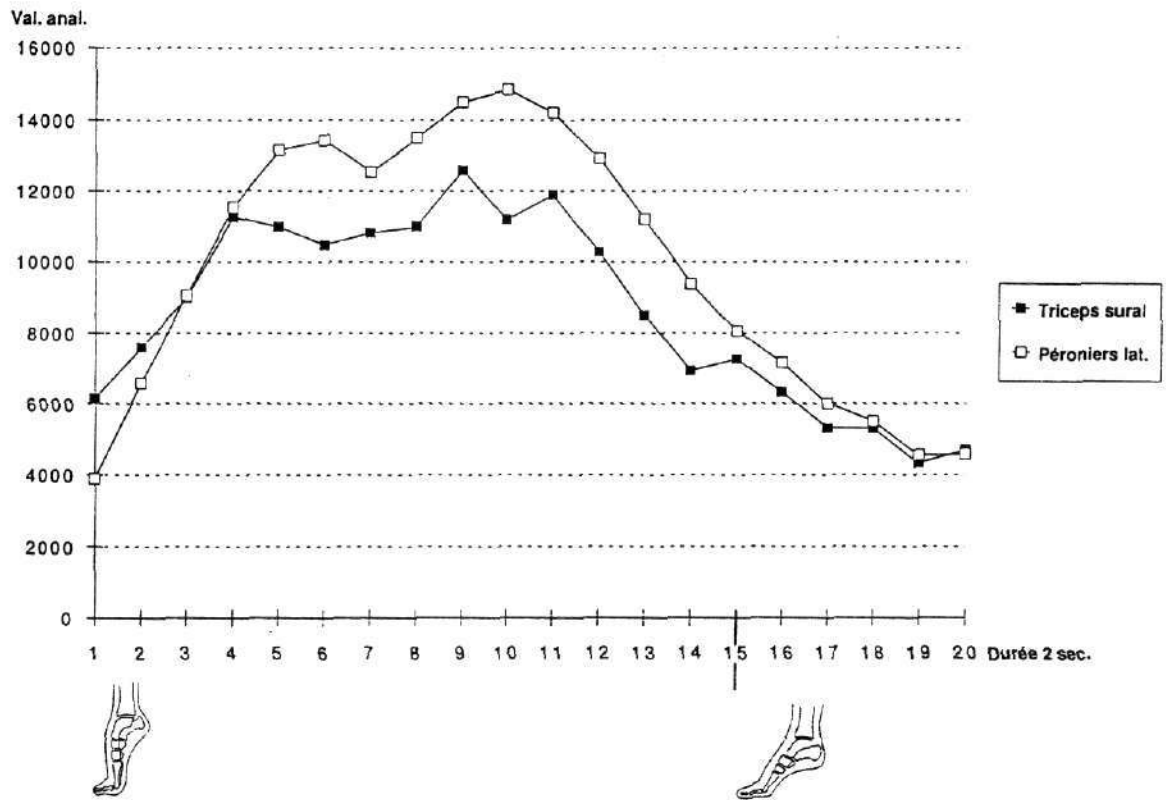


Fig. 16 Demi-pointes en position spontanée

3.6. Triceps : pointes/demi pointes en position spontanée (fig. 17)

L'activité se différencie au début du mouvement pendant la seconde où la danseuse partant de pieds à plat au sol monte sur demi-pointes ou sur pointes.

A cet instant, le triceps grimpe brutalement et présente une activité plus élevée lorsqu'il s'agit du relevé sur pointes.

Ensuite, l'activité décroît de façon identique au bout de la seconde suivante. La danseuse est toujours sur pointes, par contre sur demi-pointes elle s'apprête à amorcer le retour du mouvement qui va avoir lieu à 1,5 sec.

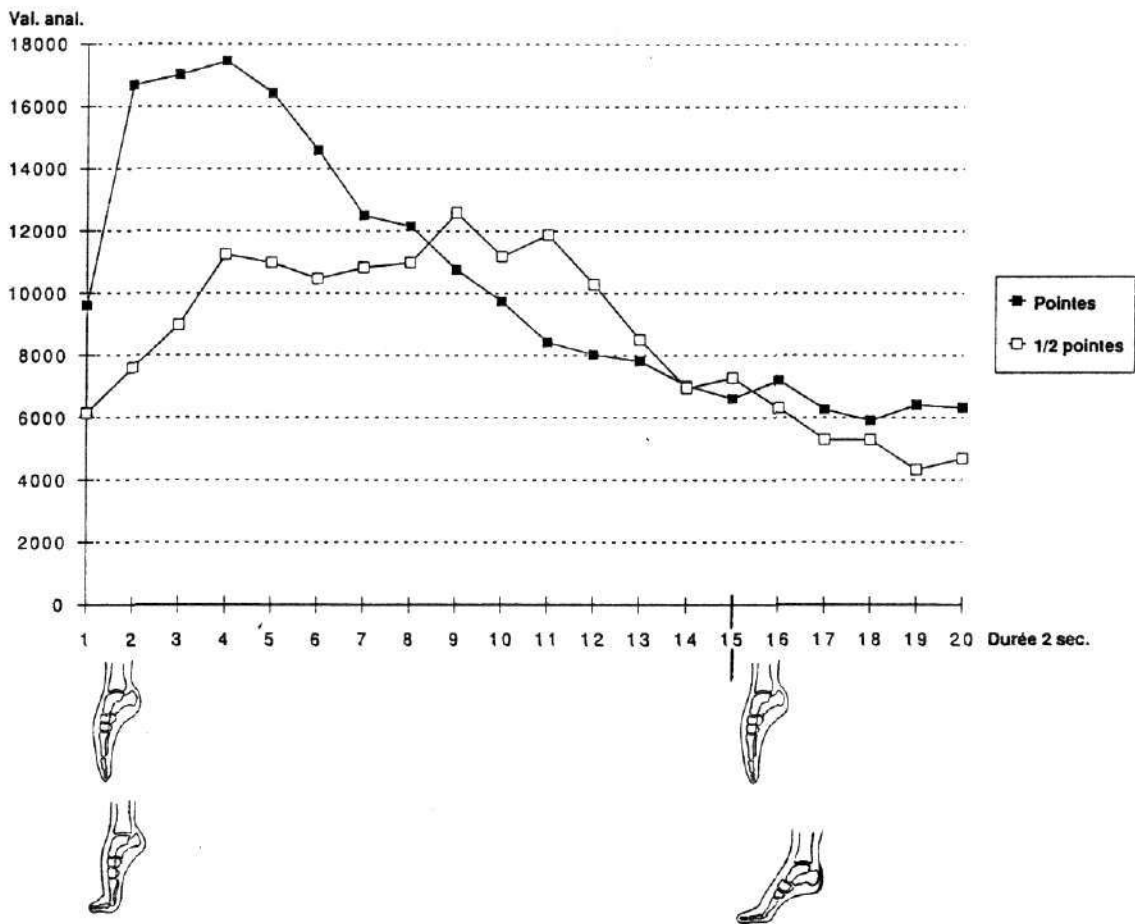


Fig. 17 Triceps sural : comparaison entre les 2 situations

3.7. Péroniers latéraux : pointes/demi-pointes en position spontanée (fig. 18)

L'activité est similaire lors du passage pieds à plat au sol au relevé sur pointes ou sur demi-pointes. Elle croît progressivement de façon identique.

La différence s'établit à 1 seconde du début du mouvement, alors que la danseuse est toujours sur pointes, l'activité des péroniers latéraux demeure; tandis qu'elle est encore sur demi-pointes, l'activité des péroniers latéraux chute, et à 1,5 sec. le sujet démarre le retour du mouvement.

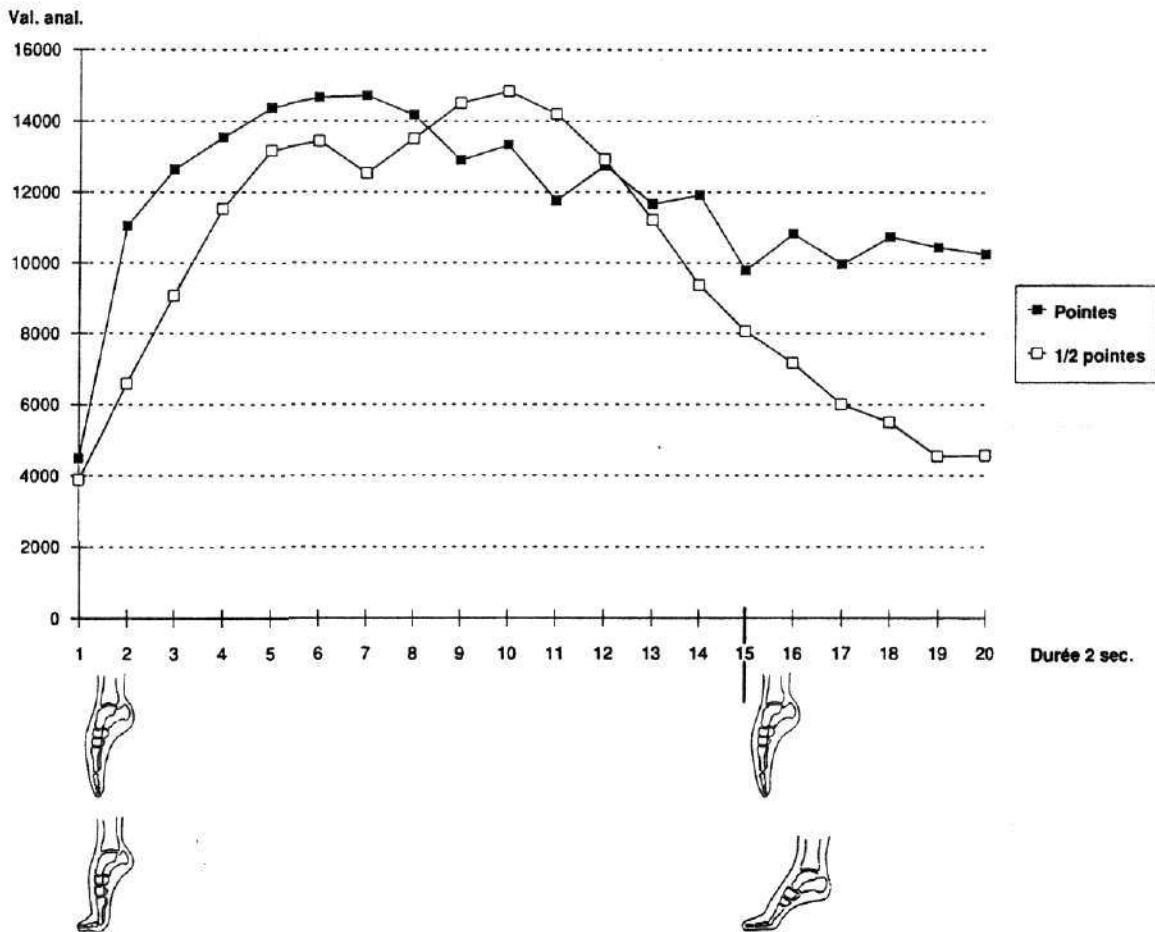


Fig. 18 Péroniers lat. : comparaison entre les 2 situations

4. DISCUSSION ET HYPOTHESES

4.1. Déséquilibre antérieur

On retrouve une activité identique du *triceps sural* et des *péroniers latéraux*. Ces deux groupes musculaires agissent de concert avec la même intensité pour freiner la chute du corps vers l'avant. Ceci rejoint l'étude de FERRAZ citée par BASMAJIAN (1) qui notait l'activité synchrone de ces muscles lors du même mouvement.

4.2. Montée sur pointes

C'est ici que l'intensité de l'activité des deux groupes musculaires est la plus élevée.

Le triceps a une activité qui croît brutalement puis chute. Initialement il donne l'impulsion au talon pour soulever le calcaneum au maximum.

Cependant une fois cette action terminée, alors que la danseuse est toujours sur pointes, le triceps voit son activité diminuer progressivement.

Plusieurs hypothèses sont envisageables et on peut penser qu'il existe :

- soit un relais ou un transfert d'activité du triceps sural sur les fléchisseurs plantaires, notamment sur le fléchisseur propre du gros orteil
- soit un calage passif du pied et de la cheville sur la dernière phalange des orteils par empilement des différentes pièces osseuses maintenues par le système capsulo-ligamentaire.
- soit un phénomène d'extinction musculaire du triceps sural auquel nous ne pouvons apporter d'explication dans le cadre de cette étude.

Toutefois, il reste une activité du triceps légèrement supérieure à l'intensité de départ du mouvement.

Cette activité minime suffit-elle, comme l'a dit CHATELIER (2), à expliquer que le triceps permette au pied de se tenir sur pointe sans s'affaisser en avant et qu'il maintienne le cou-de-pied ?

Les péroniers latéraux ont une activité qui croît de façon exponentielle, puis se stabilise.

Nous pouvons penser que le long péronier latéral travaille pour fixer le premier rayon de l'avant pied, et surtout que les péroniers latéraux ont une action de vigilance au niveau de la cheville et du cou-de-pied.

Ainsi que l'a souligné LAANE (4), faisant partie des muscles qui enserrant la cheville et le talon, ils permettent l'équilibre et la stabilité de la cheville et du cou-de-pied.

4.3. Montée sur demi-pointes

L'activité du *triceps* est moins importante que sur pointes; le triceps sural permet l'élévation du talon, mais a moins besoin de l'ascensionner par rapport à sa situation sur pointes. Le talon reste à moitié suspendu.

Le triceps démarre le mouvement et est pris en relais par les *péroniers latéraux* dont l'activité devient supérieure à celle du triceps.

On note, comme l'ont montré FINE (3) et BASMAJIAN (1) avec une population non sportive, l'importance de l'activité des *péroniers latéraux* et du *triceps sural* lorsque le sujet est sur la pointe des pieds (demi-pointe en terminologie de danse). BASMAJIAN(1) explique cette activité importante des jumeaux et du long péronier latéral par le fait qu'il retiennent le corps pendant le déplacement en avant lorsque la cheville est en flexion plantaire et le talon haut.

Par contre, alors que la danseuse est encore sur demi-pointes (de 1 à 1,5 sec. du temps d'analyse), on note une chute de l'activité du *triceps sural* et des *péroniers latéraux* qui s'accroît lorsqu'elle démarre le retour du mouvement (de 1,5 à 2 sec.).

Nous pouvons penser qu'il existe une anticipation vers une activité excentrique plus économique pour le temps qui précède le retour du mouvement (1 à 1,5 sec.), et une intensité musculaire moins importante de l'activité excentrique lorsque le sujet effectue le retour du mouvement (1,5 à 2 sec.).

5. CONCLUSION

Cette étude a permis de mettre en évidence :

- la relation d'activité entre les deux groupes musculaires triceps et péroniers latéraux dans les quatre tests
- la prévalence des péroniers latéraux qui, dans le travail sur pointes, maintiennent leur activité pour stabiliser la cheville et le pied ; et dans le relevé sur demi-pointes montrent une activité supérieure à celle du triceps sural
- le phénomène d'extinction du triceps sural dans le relevé sur pointes.

N'ayant pas trouvé d'explication au phénomène d'extinction du triceps sural, il serait intéressant d'étudier précisément l'activité du fléchisseur propre du gros orteil pour vérifier s'il constitue le relais du triceps dans le travail sur pointes.

La danseuse classique brille par la qualité de ses évolutions sur pointes.

Le kinésithérapeute amené à soigner ce type de patiente, pour un traumatisme de la jambe ou de la cheville, doit porter une attention toute particulière au rôle stabilisateur sur pointes des péroniers latéraux.

Les exercices de la loge externe, exercices d'éveil puis de réaction de protection en vitesse, basés sur la proprioception, doivent être complétés par des exercices de force maintenue, sans lesquels l'entraînement de ces muscles serait inadapté.

REFERENCES

1. BASMAJIAN, J.V.

Muscles alive.

Baltimore, The Williams & Wilkins Company, fourth edition, 1978.

2. CHATELIER, K.

Le pied dans le chausson de pointe.

Mémoire pour le diplôme d'université de 2ème cycle en danse, université de la Sorbonne (Paris IV), Paris, 1989.

3. FINE, M.

Relations morphologie-fonction des segments jambe-pied (à propos de 140 femmes françaises).

Thèse doctorat en biomécanique, université Claude-Bernard (Lyon I), Lyon, 1986.

4. LAANE, R.M.

Danse classique et mécanismes corporels. Anatomie, physiologie.

Paris, Editions Amphora, 1983.

5. PENINOU, G.

Analyse du paradoxe de Lombard. Etudes goniométriques et électromyographiques.

Mémoire de D.E.A, Ecole Nationale Supérieur d'Arts et Métiers, Paris, 1989.