

**UNIVERSITE DE REIMS CHAMPAGNE – ARDENNE**

**UNITE DE FORMATION ET DE RECHERCHE EN SCIENCES ET  
TECHNIQUES DES ACTIVITES PHYSIQUES ET SPORTIVES**

**MASTER STAPS**

**Etude du mouvement de développé couché avec et sans maillot  
chez des athlètes de niveau national**

**MEMOIRE PRESENTE PAR  
Stéphane Herrgott**

**DIRECTEUR DE MEMOIRE  
William Bertucci**

**SESSION 2006 – 2007**

<b>Remerciements</b>	p4
<b>Introduction</b>	p5
<b>Chapitre 1 : Revue de questions</b>	p6-16
a) Définition de la force athlétique	p6-7
b) Présentation des principales recherches effectuées dans ce domaine	p8-10
c) Présentation des principales connaissances proches de notre étude	p10-16
<b>Chapitre 2 : Présentation de l'activité</b>	p17-23
a) Aspects techniques	p17-23
<b>Chapitre 3 : Problématique Hypothèse</b>	p24-26
a) Problématique	p24-25
b) Hypothèse	p25-26
<b>Chapitre 4 : Méthodologie</b>	p27-35
a) Protocole	p27-35
<b>Chapitre 5 : Résultats</b>	p36-40
a) Mesures anthropométriques	p36

b) Charges maximales et barres d'expérimentation	p37
c) Résultats	p38-40
<b>Chapitre 6 : Discussion</b>	p41-52
a) Performances et cinématique	p42-45
b) Les limites de notre travail sur la performance et la cinématique	p45-46
c) Analyse des forces au sol	p46-51
d) Les limites de notre travail sur les forces au sol	p51-52
<b>Chapitre 7 : Conclusion</b>	p53-54
<b>Bibliographie</b>	p55-58
<b>Annexe</b>	p59-72

---

## Remerciements

---

Je remercie vivement W Bertucci maître de mémoire, pour son suivi et son encadrement lors de la réalisation de ce travail.

Je remercie vivement G Agnesina, pour son suivi et son aide lors de la réalisation de ce travail.

Je remercie également A Bricki, professeur de physiologie, pour ses renseignements concernant notre domaine d'étude.

Je remercie également E Legard pour son aide dans la recherche de la bibliographie ainsi que dans l'élaboration du sujet et pour son soutien dans la construction de cette étude.

Je remercie également R Pronier et C Vaillant, entraîneur de l'équipe de France espoir de force athlétique, pour leur aide et leur totale implication dans cette étude.

Je remercie R Husson et P Fescourt, respectivement président du club Troyes Omnisport et président du club de la Force Athlétique Rémoise, pour leur aide dans la construction de cette recherche.

Pour finir, je remercie tous les athlètes qui ont contribué à l'élaboration de cette étude.

Amalgame entre l'haltérophilie et le culturisme, la force athlétique est depuis quelques années l'un des sports en développement. Elle est depuis peu reconnue comme une discipline de haut niveau par le ministère de la santé, de la jeunesse et des sports et le nombre de pratiquant en compétition est même maintenant supérieur à celui de l'haltérophilie. La force athlétique prend donc une part de plus en plus importante en tant que discipline sportive.

Dans cette étude, nous avons voulu nous intéresser à cette pratique récente, et plus particulièrement à son entraînement technique. Cet entraînement spécifique obéit à certaines règles différentes de celles que l'on connaît en musculation classique.

L'intérêt est donc ici de travailler sur l'un des mouvements qui compose ce sport, le développé couché. Le but étant de l'étudier sous sa forme compétitive et de tenter de dégager tous les paramètres de cinématique et de force au sol, en observant les différentes phases du développé couché dans différentes conditions.

Ainsi nous voulons contribuer par nos connaissances et nos acquis issus de notre formation universitaire à optimiser l'entraînement de ce sport par l'utilisation des sciences.

### a) Définition de la force athlétique

La force athlétique est un sport assez récent, un peu plus de trente ans seulement. Elle est dirigée depuis 1972 par l'international Power lifting Fédération (IPF) sur le plan international, par le CNOSF au niveau français et plus particulièrement par la fédération française d'haltérophilie, de musculation, de force athlétique et de culturisme (FFHMFAC).

La force athlétique est classée dans les sports acycliques et plus particulièrement dans les sports à dominance de force.

La force athlétique est le nom français donné à ce sport. Le nom utilisé normalement est Power lifting. La traduction de ce mot anglais est « le pouvoir de lever » et cela définit bien ce sport car le but de cette activité est de lever la charge la plus lourde possible en une répétition. Les compétitions se déroulent sur trois mouvements avec trois essais à chaque mouvement. Le premier mouvement effectué en compétition est le *squat* (*figure 1*) qui consiste à placer la barre sur les épaules en arrière du plan frontal et à effectuer une flexion - extension des membres inférieurs.



Figure (1) de Dimitry Dvor Nikov au squat

Le deuxième mouvement est le *développé couché* (*figure 2*) qui consiste à s'allonger sur un banc, à saisir la barre, à la descendre jusqu'à la poitrine, à marquer une pause et à la remonter jusqu'à l'extension complète des bras.



**Figure (2) d'Alexander Zolov au développé couché**

Le dernier mouvement est le *soulevé de terre* (*figure 3*) qui consiste à soulever une barre posée au sol jusqu'à un redressement complet de l'athlète et ensuite à la reposer de façon maîtrisée.



**Figure (3) de Karol Kopianka au soulevé de terre**

Tous ces mouvements ne durent pas plus de dix secondes lors de chaque essai et le temps réel de travail musculaire avec la barre dépasse rarement deux secondes.

## **b) Présentation des principales recherches effectuées dans ce domaine**

Dans l'activité force athlétique, les études sont peu nombreuses (par rapport à d'autres sports).

✓ L'une d'entre elle décrit surtout l'histologie des fibres musculaires squelettiques chez les powerlifters et montre que le pourcentage de fibre rapide est le plus important chez ces athlètes (Fry AC et coll., 2003).

✓ Une seconde détermine l'architecture caractéristique des muscles squelettiques chez les powerlifters et montre elle aussi l'importance des fibres rapides de type II dans l'atteinte de grande performance en raison de leur recrutement plus rapide que pour les fibres de type I (Brecht WF, Abe T, 2002). Ceci nous amène à penser que les athlètes ne sont pas tous égaux génétiquement pour la recherche de performance.

✓ Une troisième étude montre que le nombre de série lors d'un entraînement de force doit être peu élevé, il est ici mis en évidence qu'un entraînement en quantité (séries multiples) n'augmente pas plus la force qu'un entraînement en intensité (charge importante et série peu nombreuses) (Carpinelli RN, Otto RM, 1999).

✓ Une autre étude, plus intéressante pour nous, consiste en le développement d'une formule (formule de « Wilks ») qui permet d'attribuer un coefficient au poids de corps de chaque athlète et par sa multiplication avec la charge levée d'obtenir un total en point qui permet le classement des athlètes indifféremment de leur catégorie poids de corps (Vanderburgh PM, Batterham AM, 1999). Cette formule s'utilise dans toutes les compétitions sous la forme d'un tableau de coefficient (cf. annexe 1 p 72-73) et est calculé de cette façon :

La formule est :

$$W = T \cdot \frac{500}{(a + b \cdot X + c \cdot X^2 + d \cdot X^3 + e \cdot X^4 + f \cdot X^5)}$$

W est l'indice final



T = total réalisé en kg

X est le poids corporel du powerlifter en kg

Les coefficients utilisés sont différents pour les hommes (à gauche) et pour les femmes (à droite) :

**Tableau (1) des coefficients utilisés pour la table de Wilks (Vanderburgh PM, Batterham AM, 1999)**

a	-216,0475144	a	594,3174778
b	16,2606339	b	-27,2384254
c	-2,388645000E-03	c	8,211E-01
d	-1,137320000E-03	d	-9,307E-03
e	7,018600000E-06	e	4,732E-05
f	-1,291000000E-08	f	-9,054E-08

✓ Les travaux de Raphaël Escamilla (1997, 1999, 2001, 2002,2003) :

Raphaël Escamilla est certainement le chercheur qui s'est intéressé le plus au domaine de la force athlétique. Il a travaillé aussi bien sur le squat (1997, 2001) que sur le soulevé de terre (1999, 2002, 2003) et dans ces deux mouvements a réalisé des analyses tridimensionnelles et des analyses électromyographiques. Ces études sur le squat nous apprennent les différences de travail musculaire ainsi que les différences cinématiques en fonction de la largeur des pieds au sol pendant un squat. Ces études sur le soulevé de terre sont semblables à celles sur le squat et montrent les différences de travail musculaire en fonction du type de soulevé de terre, classique (jambes serrées et mains à l'extérieur) et sumo (jambes écartée et mains à l'intérieur) ainsi que les différences de cinématiques. C'est grâce notamment à ces études que l'on sait que les muscles de la région lombaires sont plus impliquées lors d'un soulevé de terre classique que lors d'un soulevé de terre de type sumo ou

par exemple que l'on sait que le squat jambes assez serrées (largeur d'épaules) est plus sollicitant pour le muscle quadriceps que pour les autres muscles de la cuisse.

### **c) Présentation des principales connaissances proches de notre étude**

#### **Biomécanique musculaire**

Avant de commencer à parler des études qui concernent directement le développé couché, il paraît normal de rappeler certains points essentiels pour comprendre le fonctionnement du muscle lors d'un effort.

La contraction musculaire est basée sur la théorie des myofilaments glissants, établie par A.H. Huxley (1954). Cette théorie suggère qu'un muscle se raccourcit ou s'allonge, grâce au glissement des filaments épais et fins, les uns sur les autres (sans qu'ils changent de longueur). La mécanique à la base de ce processus est l'action des ponts de myosine, qui de façon cyclique s'attachent, pivotent, puis se détachent des filaments d'actine et ce, grâce à l'énergie de l'hydrolyse de l'ATP.

Depuis Weber (1846) jusqu'à peu de temps Shorten (1987) le muscle a été modélisé par différentes structures placées en série et/ou en parallèle. Ces structures sont aujourd'hui au nombre de 4.

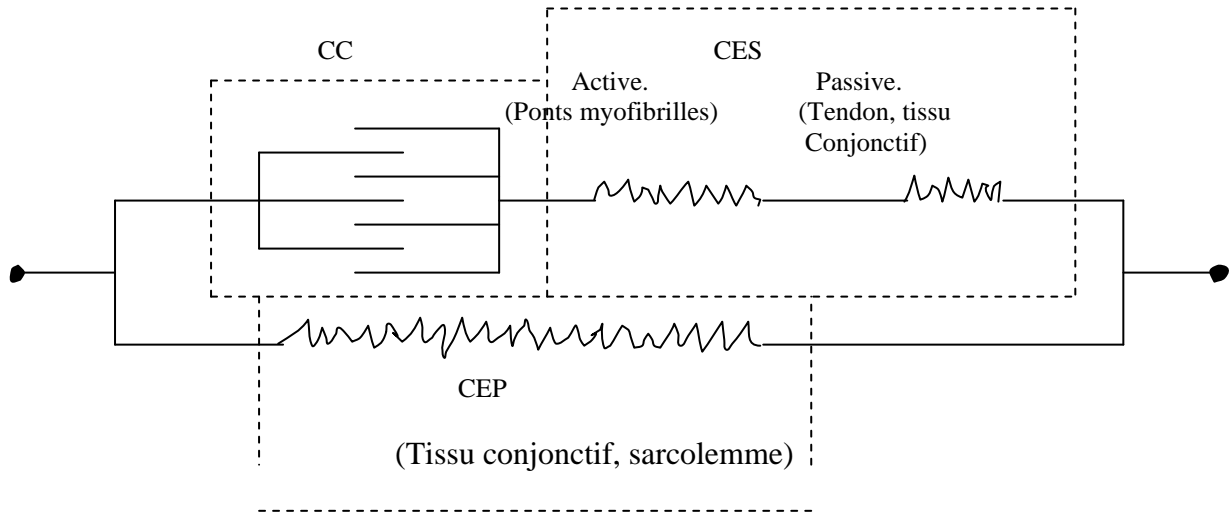
Composante contractile (CC), qui est génératrice de force sous l'effet d'une excitation nerveuse.

Composante visqueuse, qui joue un rôle d'amortisseur de part les fluides contenus dans les muscles, et son existence résulterait de l'effet de la compression des fluides lors de la contraction.

Composante élastique =

- composante élastique série (CES) (fraction passive avec les tendons et fraction active avec les têtes de myosine).

- composante élastique parallèle (CEP), comme la membrane des fibres musculaires (sarcolemme) et par le tissu conjonctif de soutien (tissu inter-fibulaire). Voici l'un de ces modèles :



**Figure (4) du modèle à 3 composantes fractionnant la composante élastique série en 2 parties, d'après Shorten, 1987**

Ces différentes modélisations permettent donc de comprendre de façon simple les mécanismes de la contraction musculaire et amènent également à envisager une compréhension simplifiée de la relation entre la force du muscle et sa longueur mais aussi entre la force développée et la vitesse de raccourcissement du muscle. Dès 1893, Blix a montré que la relation force-longueur du muscle caractéristique s'obtient en mesurant la force isométrique maximale développée à chaque longueur. Francis Goubel (1998) nous explique dans son ouvrage « Biomécanique, Eléments de mécanique musculaire » que la force du muscle suit une courbe de type parabolique. La force du muscle croît jusqu'à une certaine longueur appelée  $L_0$  et qu'au delà de cette longueur apparaît une force passive qui altère la relation. Il nous explique également que la vitesse à laquelle un muscle se raccourcit dépend de la force qui lui est opposée. L'augmentation de la vitesse de raccourcissement du muscle entraîne une diminution de la production de force. D'après Kreighbaum et Barthels (1990), la

relation force-longueur du muscle est l'équivalent de la relation couple-angle (ou moment-angle). Le moment de la force (couple) est maximal lorsque le bras de levier est le plus grand.

### **Adaptations physiologiques à la pratique de la force athlétique**

✓ Toutes ces explications sur le fonctionnement du muscle nous amènent à penser que la multiplication du phénomène de contraction musculaire lors d'un entraînement de force athlétique développe spécifiquement certaines qualités physiologiques. Dans la première étape de l'entraînement de la force, c'est surtout au niveau de l'amélioration de la coordination intermusculaire que se fait l'amélioration de la performance. Le gain de force observé se fait également par l'augmentation de l'innervation intramusculaire, c'est-à-dire, que lors d'une contraction musculaire volontaire, un plus grand nombre de fibres peuvent être contractées. Comme le montre la pratique sportive, peu de temps après le début de l'entraînement une augmentation de la force musculaire est perceptible. Il ne s'agit pas du résultat de l'augmentation de la masse musculaire dans un si court laps de temps, mais bien essentiellement des conséquences de l'amélioration de la coordination inter et intramusculaire. La pratique régulière d'activité comme le développé couché, pendant environ deux à trois mois entraîne une augmentation de la masse musculaire essentiellement par hypertrophie : augmentation du diamètre des fibres musculaires et de la grosseur des myofibrilles (Friedebold et coll. 1957). Cependant un phénomène d'hyperplasie pourrait aussi intervenir, c'est-à-dire une augmentation de la masse d'un organe ou d'une portion d'organe due à une augmentation anormale du nombre des cellules qui le composent. C'est habituellement le témoin d'une hyperactivité fonctionnelle.

L'entraînement en force athlétique amène une augmentation des réserves d'énergie et des enzymes du métabolisme anaérobie. Un entraînement prédominant de la force ne conduit pas seulement à une hypertrophie du muscle, mais également à une augmentation des réserves en glycogène (Saltin 1973, Jakowlev 1975). Après un entraînement de la force, on constate

une augmentation de la créatine-phosphate de 20 à 75% (Hollmann et Hettinger 1980). Des stimuli de haute intensité, avec peu de répétitions (1-3 répétitions dynamiques) ou durant un laps de temps très court, en agissant sur la force vitesse, permettent d'augmenter la force uniquement en agissant sur la coordination intramusculaire, donc sans hypertrophie.

En ce qui concerne les qualités physiques, la force athlétique ne développe pas de qualité particulière telle la souplesse, mais plutôt la coordination intra et inter musculaire (Weineck, 1990). En effet le temps de travail est court et les mouvements sont assez restreints. On remarque simplement que la force athlétique développe la force maximale (pour la compétition) qui selon Frey (1977) « est la force la plus grande que le système neuromusculaire peut exercer par une contraction volontaire dans la réalisation d'un mouvement ». Elle développe également la force vitesse (pour la compétition) qui pour Harre (1976) « est la capacité qu'a le système neuromusculaire de surmonter des résistances avec la plus grande vitesse de contraction possible ». Elle développe également la force endurance qui pour Harre (1976) est « la capacité que possède l'organisme de résister à la fatigue lors d'efforts de force de longue durée », en sachant qu'un effort de longue durée en force athlétique représente une série de quatre répétitions (environ 12 secondes). Ce sport développe aussi la force explosive. Celle-ci dépend de la vitesse de contraction des unités motrices, du nombre et de la force de contraction des fibres musculaires impliquées.

### **Etudes physiologiques et biomécaniques**

Afin de compléter la présentation des recherches, il apparaît comme essentiel de décrire quelques études directement liées avec la pratique du développé couché et utiles pour nous.

✓ La première étude qui nous intéresse est une étude réalisée par un athlète qui pratique le développé couché en compétition et qui s'est donc intéressé naturellement à

cette discipline. Cette athlète, Sébastien Maitres, est un doctorant en biomécanique du sport et sa recherche s'est portée sur une analyse anatomo-fonctionnelle du développé couché. Elle a été réalisée il y a peu de temps (2005) et elle montre les principaux muscles mis en action lors d'un développé couché chez un débutant et chez un expert grâce à une analyse électromyographique du développé couché chez plusieurs sujets. L'intérêt de cette étude est pour nous de pouvoir mettre en relation le type de mouvement effectué avec le type morphologique de l'athlète et surtout la cinématique du mouvement effectué par l'athlète lors de notre expérience.

✓ La seconde étude est de G Lehman (2005) et se rapproche de celle de Sébastien Maitres. C'est une analyse électromyographique du développé couché en fonction de la largeur de prise de barre et de la façon de prendre la barre (pronation/supination). Cette étude permet donc de voir quels muscles travaillent lors d'un développé couché, de quelles façons et ceci dans tous les styles de développé couché existant. Pour nous elle sera utile pour déterminer les muscles mis en action lors des développé couché effectués par chaque sujets et de pouvoir mettre en relation le type de mouvement avec le type de muscle en action et surtout avec les vitesses obtenues dans plusieurs paramètres tels que vitesse de réaction, vitesse de la descente, de la poussée ou encore de la finition.

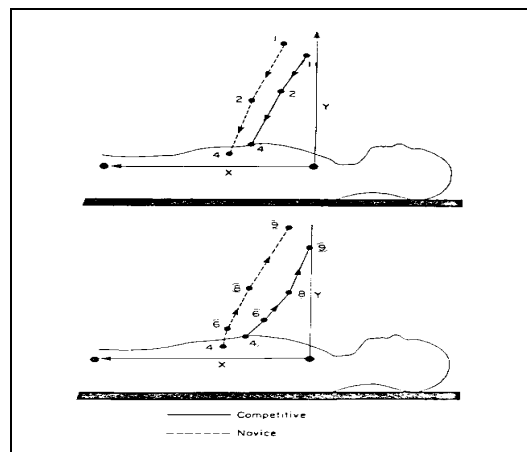
✓ Une autre étude faite par Barnett & coll. (1995) montre la différence de travail musculaire lorsque l'on varie d'inclinaison lors d'un développé. Cette étude permet de montrer que lorsque le développé se fait couché comme en compétition le travail musculaire est plus intense au niveau du muscle grand pectoral alors que lorsque le développé se fait incliné (la tête vers le haut), le travail musculaire est différent et l'on s'aperçoit que les muscles deltoïdes antérieurs jouent un plus grand rôle.

✓ Clemons & coll. (1997) ont eux montré les variations de travail musculaire en fonction de la largeur de prise de la barre sur une répétition et décrivent ainsi une plus grande activité du triceps lorsque la prise de barre est la plus serrée.

✓ Glass & coll. (1997) ont eux travaillé sur une analyse électromyographique du muscle pectoral lors d'un développé incliné et d'un développé décliné. Ces deux exercices étant les principaux utilisés en assistance en parallèle du développé couché afin de pouvoir travaillé de façon différente les principaux muscles sollicités lors d'un développé couché. Il en est ressorti que le développé décliné amenait un travail musculaire plus grand sur la partie basse des pectoraux. Cette étude a permis aussi de démontrer que la partie haute des pectoraux ne travaille pas plus lors de ce type de développé. Il est donc intéressant de mettre cette étude en relation avec celle de Barnett & coll. (1995) et de voir que ce sont les muscles des épaules qui prennent le relais lors de ce genre de développé.

✓ Les travaux de McLaughlin et Madsen (1984) :

McLaughlin et Madsen (1984) ont eux fait une étude, dans la même lignée que la notre, qui porte dans un premier temps sur la différence de geste lors d'un développé couché suivant que l'on est expert ou bien débutant dans cette pratique. Il en ressort une différence assez grande que l'on peut constater sur ce schéma :



**Figure (5) des différences de développé couché en fonction de l'expertise (McLaughlin & Madsen (1984))**

La suite de leur étude est une mise en relation de la vitesse de monter de la barre avec l'accélération et avec le type de mouvement. Ils expliquent que les experts ont une accélération plus forte et donc une vitesse plus grande due au type de trajectoire que leur barre prend.

✓ Une dernière étude de Jidortseff et coll. (2006) vient de montrer que la performance au développé couché est plus grande lorsque celui-ci est effectué avec une phase excentrique avant la phase concentrique. Selon eux, la phase de descente permettrait un étirement des muscles impliqués dans cette activité et permettrait donc un gain de performance due à une augmentation de la vitesse moyenne et une apparition plus rapides des vitesses maximales. Cette étude met aussi également en avant une phase frénatrice lors de la fin du développé couché c'est-à-dire pendant l'extension finale des bras. Pour eux il y aurait une anticipation de l'arrêt de la barre alors que cela ne se ferait pas lors d'un développé couché avec projection de la barre. Ils ont démontré cela en expliquant que lors d'un développé couché avec une projection de la barre à la fin du mouvement, les vitesses maximales sont atteintes plus tardivement que lorsqu'il n'y a pas de projection de la barre.



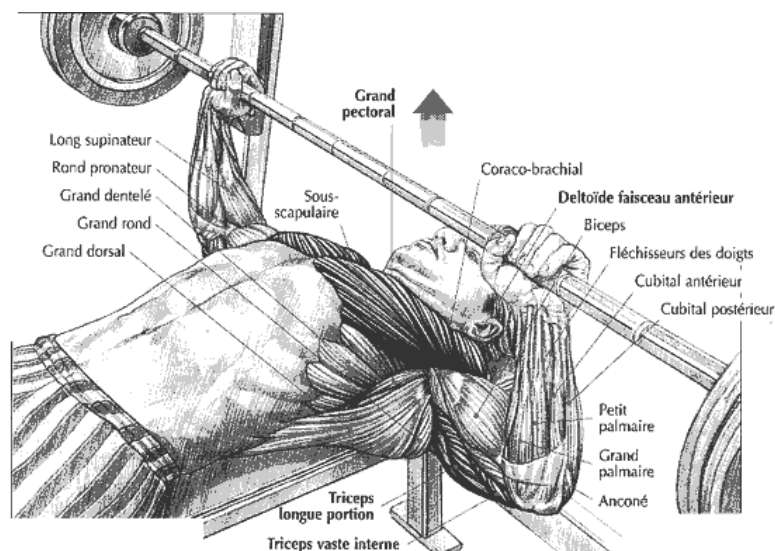
Nous avons donc pu noter que la logique interne de la force athlétique est de réaliser différents mouvements dans un ordre précis (squat, développé couché, soulevé de terre) en compétition.

Ces trois épreuves sont bien distinctes de par leurs techniques et la sollicitation musculaire qu'elles engendrent.

### a) Aspects techniques

Dans le cadre de mon mémoire je m'intéresse plus particulièrement au développé couché. La spécificité de ce mouvement réside dans le fait qu'il existe des compétitions sur ce seul mouvement. Ce qui n'est pas le cas pour les deux autres mouvements. De plus ce mouvement est « un classique » des gammes d'exercices de musculation.

Sa pratique développe plusieurs groupes musculaires, et donc est utilisés dans la préparation physique de nombreux sports.



**Figure (6) des muscles sollicités au développé couché d'après Sébastien Maîtres (2005)**

On peut constater qu'il n'y a pas de style universel concernant le développé couché. Cependant, de plus en plus et ceux surtout au niveau international on voit se réaliser un développé couché qui consiste à poser les épaules sur le banc et à amener les fesses le plus proches possibles de ce point d'appui afin de faire ressortir au maximum les muscles pectoraux, et ainsi de réduire considérablement la course de la barre lors du mouvement. Les pieds sont alors placés sur les cotés.

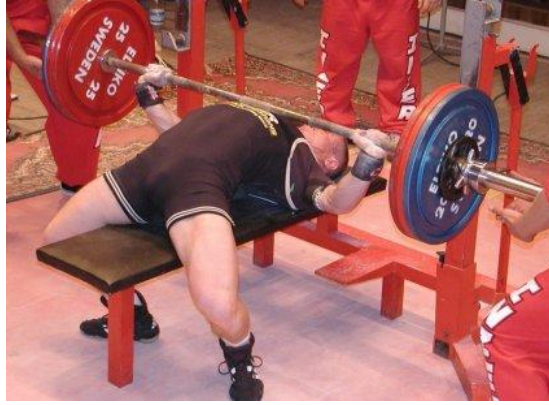
Cependant il s'agit comme pour toute activité sportive d'utiliser le matériel adéquat et de respecter des règles imposées par un règlement sportif spécifique. Voici donc ce qui paraît essentiel pour la réalisation d'un développé couché correct :

Lors de la pratique d'un développé couché vous devez vous assurer que le placement de l'athlète est idéal. Il faut saisir la barre en gardant toute la chaîne musculaire en tension.



**Figure (7) montrant la position de départ**

Après avoir saisi la barre correctement, il faut assurer tout d'abord une bonne descente. La descente de la barre s'effectue à vitesse contrôlée, en inspirant et en amenant celle-ci vers le bas des pectoraux presque au niveau du sternum. Lors de cette descente, les coudes doivent être plus ou moins orientés vers l'avant.



**Figure (8) montrant la position intermédiaire lors du temps de pause**

Après la descente, il est règlementaire de marquer un temps de pause visible au niveau de la cage thoracique. Ce temps d'arrêt imposé est lui aussi déterminant dans la performance et ne doit pas s'effectuer avec un relâchement complet des tensions musculaires (barre littéralement posée sur la poitrine). Après ce temps de pause, qui est censée placer déjà l'athlète dans les meilleures conditions de performance, s'effectue la phase du développé couché que l'on nommera la montée. A ce moment, la mise en tension musculaire doit être maximale et l'athlète doit se préparer à la poussée qui devra être la plus explosive possible. Certains athlètes de haut niveau parlent de décharge électrique lors du déclenchement de la poussée et d'autres comparent leurs bras à des ressorts qui se compriment lors de la descente et qui se tendent très vite lors de la montée. Justement cette montée résulte de la mise en action simultanée de l'ensemble des muscles moteurs dans ce mouvement (Vouillot, 2005). On parle alors de coordination intermusculaire qui peut se définir comme la coopération de tous les muscles pour la réalisation d'un seul et même mouvement. Certains auteurs parlent d'explosion neuromusculaire car la transmission de l'influx nerveux et son amélioration serait l'un des facteurs déterminants de la performance dans cette pratique. Lors de cette poussée l'athlète expirera l'air inspiré lors de la descente.

Après cette poussée explosive au possible, il faut terminer le mouvement en verrouillant les coudes et retrouver la stabilité de départ. En compétition, l'athlète doit

maintenir la barre quelques secondes après l'avoir relevée afin de monter sa parfaite maîtrise du geste.



**Figure (9) montrant la position finale**

Mais faire un développé couché correct n'est pas le seul but des athlètes, leur but ultime est de réaliser la plus grande performance possible et cela se fait comme pour toute activité sportive en adaptant son style à ses caractéristiques personnelles. Il convient donc de bien étudier chaque paramètre du mouvement, chaque segment du corps et leur placement afin de réaliser le mouvement qui amènera le « meilleure » geste et donc la plus « grande » performance. Voici donc ce qu'il faut savoir pour réaliser un « bon » développé couché :

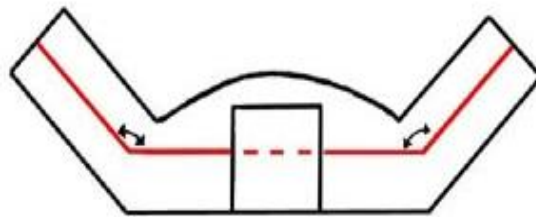
#### *1) Le matériel*

La force athlétique est une discipline assez récente et son évolution est incessante depuis ces dernières années. Comme pour la combinaison utilisée en natation, il n'est plus possible de faire de compétition sans posséder une combinaison de développé couché. En effet, elle sert à la protection des épaules, au démarrage du mouvement, et surtout à l'augmentation de la charge maximale levée lors d'un mouvement de développé couché... On ne peut donc rivaliser avec les autres athlètes si on ne l'utilise pas. Depuis les années 90, les maillots sont devenus de plus en plus performants. On est passé du maillot simple couture (Heavy Duty Blast Shirt (HD)) au maillot double couture (High Performance Heavy Duty

(HPHD)) puis au maillot triple couture (Extra High Performance Heavy Duty (EHPHD)) pour arriver à la dernière génération l'Inzer Phénom et le Titan Fury :



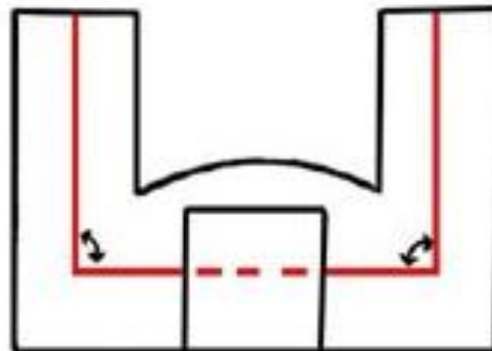
**Figure (10) du phénom**



**Figure (11) du schéma des résistances du maillot Inzer**



**Figure (12) du Titan Fury**



**Figure (13) du schéma des résistances du maillot Titan**

Ces deux maillots diffèrent par leurs caractéristiques de résistances mais aussi par leur matière et donc leur élasticité (annexe 3). Il faut donc choisir au mieux son matériel en fonction de ses

caractéristiques personnelles et des caractéristiques du matériel et apprendre à s'en servir de façon optimale.

### *2) L'écartement des mains*

C'est cet écartement qui détermine l'action musculaire. La largeur de prise va déterminer l'importance de chaque muscle et sa contribution dans la réalisation du mouvement. Une prise très serrée entraînera un très gros travail des triceps alors qu'une prise large déterminera une charge de travail plus importante pour les pectoraux (G Lehman, 2005). Le choix de cet écartement sera donc propre à chacun.

### *3) La tête*

La tête semble être également un point à ne pas négliger dans la pratique du développé couché. Elle doit être ajustée de la même manière à chaque essai et ne doit pas être placée avec une hyper extension vertébrale au niveau du cou. Son placement doit être dans l'axe du corps et doit offrir un appui solide sur le banc. Elle ne doit pas bouger pendant le mouvement et cela serait assuré par les muscles trapèzes. Une fois la barre décollée et tenue à bout de bras, vos yeux doivent être fixés sur celle-ci et la suivre du regard jusqu'à l'endroit exact où elle doit entrer en contact avec le buste. La tête prendra un appui encore plus fort sur le banc au moment de l'explosion musculaire déterminant la poussée.

### *4) Les appuis sur le banc*

Le degré de cambrure va influencer ces points d'appui et l'on remarquera que les athlètes « hyper cambrés » auront comme principaux points d'appuis sur le banc leurs épaules, le haut de leur dos, le bas de leurs fesses. Pour les athlètes pratiquants un style de développé couché plus à plat, les points d'appui sur le banc seront les épaules, le dos (haut et milieu) et les fesses.

### *5) Les appuis au sol, les pieds*

Le degré de cambrure va également influencer ces points d'appui mais seulement au niveau de leur placement au sol car dans tous les cas les pieds doivent être posés complètement à plat au sol et ne doivent en aucun cas bouger lors du mouvement. La différence se remarquera sur l'angle pied/tibia qui sera plus ou moins fermé. ( $<$  ou  $=$  à  $90^\circ$  pour un développé couché plus à plat et  $>$  à  $90^\circ$  pour un développé couché hyper cambré). Il est également à noter que de nombreux athlètes ainsi que de nombreux entraîneurs tels Cyrille Vaillant (entraîneur de l'équipe de France junior) soutiennent que les pieds auraient un rôle déterminant dans la pratique du développé couché

L'ensemble de ces paramètres techniques ainsi que les paramètres liés à l'utilisation du matériel semblent bien difficile à gérer. En effet la réalisation d'un développé couché de compétition ne s'arrête pas à un unique paramètre et il apparaît important aujourd'hui de connaître tous ces paramètres discriminant de la performance.

### **a) Problématique**

L'entraînement possède plusieurs définitions aussi justes les unes que les autres. Par exemple, pour LAROUSSE : « S'entraîner, c'est se préparer à une compétition », pour ANDRIVET (1988) « L'entraînement se définit comme l'ensemble des procédés tendant à amener un être humain au maximum de ses possibilités ». On peut également le définir comme une pratique raisonnée de l'exercice, avec une durée et une intensité croissante, faite dans le but d'accroître l'endurance, la performance ou la résistance physique ou intellectuelle. La notion la plus précise d'entraînement sportif est fournie par MATVEIEV (1972) qui entend par entraînement sportif tout ce qui comprend la préparation physique, technico-tactique, intellectuelle et morale de l'athlète à l'aide d'exercices physiques.

Le point commun de toutes ces définitions est sous entendu ou non et montre que la réflexion tactique et technique est essentielle dans le sport. La conjoncture actuelle vise à théoriser et à formaliser tous les domaines de la vie et la pratique sportive est elle aussi touchée par ce développement de la recherche scientifique qui est le summum de la réflexion. Les progrès scientifiques bouleversent donc la fonction d'entraîneur qui ne doit plus être seulement un homme de terrain mais aussi un expert en physiologie et en biomécanique.

Partant de ce constat, il nous est apparu que l'activité force athlétique comprenant le développé couché n'était pas encore réellement investit par la recherche.

En effet la science semble n'avoir pas encore réellement investit cette pratique récente et seuls quelques pionniers (anciens compétiteurs) distillent et promulguent leurs conseils de manière empirique. L'un d'entre eux, Marc Vouillot, ex entraîneur de l'équipe de France de force athlétique, explique dans son ouvrage concernant la force athlétique comment réaliser



les gestes de compétitions mais cela simplement grâce à son expérience d'ex-entraîneur et d'ex-athlète et une petite analyse personnelle. Mon postulat de base est donc de créer une analyse biomécanique du développé couché tel qu'il est réalisé en compétition et à l'entraînement et d'essayer, par l'intermédiaire de cette analyse, de répondre à ces principales interrogations :

- Comment se réalise un développé couché sans maillot d'assistance d'un point de vue cinématique ? Que se passe-t-il au niveau des points d'appui au sol ?
- Comment se réalise un développé couché avec un maillot d'assistance de type Titan, avec un maillot d'assistance de type Inzer, d'un point de vue cinématique ? Que se passe-t-il au niveau des points d'appui au sol ?
- Le geste avec matériel est-il différent de celui sans matériel du point de vue des vitesses et des forces au sol ?
- Existe-t-il des différences significatives au niveau de la cinématique et des forces au sol suivant le type de maillot utilisé ?

### **b) Hypothèse**

Notre point de départ dans la construction de notre hypothèse est consécutif à la volonté d'améliorer les performances lors de la réalisation d'un mouvement maximal de développé couché, en cherchant à étudier d'abord le geste d'entraînement, c'est-à-dire le développé couché sans maillot d'assistance. Ensuite, mon analyse se portera plus sur l'effet du maillot de développé couché. Dans cette partie, l'analyse portera sur la différence entre le type de maillot utilisé et sur la différence avec le geste effectué sans assistance. Ma première hypothèse est donc que la performance en développé couché varie selon que l'on utilise ou non du matériel d'assistance et que chaque maillot d'assistance améliore la performance. Ma

seconde hypothèse est que les forces au sol varient lors des différentes phases d'un développé couché mais que le choix du matériel n'influence pas ou peu ces forces.

### **a) Protocole**

#### *1) Population :*

Les individus qui ont participé à cette étude sont au nombre de onze. Ils sont choisis sur le seul critère de leur niveau qui est au minimum national, dans leur catégorie d'âge respective (espoir 18-23 ans ou senior 24-39 ans). Ils sont âgés de 18 à 39 ans, sont licenciés de la FFHMFAC (Fédération française d'haltérophilie, de musculation, de force athlétique et de culturisme) rattachée à l'IPF (International powerlifting federation).

#### *2) Echauffement pour la détermination de la charge maximale sans maillot d'assistance :*

L'échauffement se déroule de la manière dont il est réalisé en compétition et est identique chez tous les athlètes. L'échauffement s'effectue de la manière suivante pour tous les athlètes :

**Tableau (2) de l'échauffement pour la détermination de la charge maximale sans maillot d'assistance**

<b>1<sup>ère</sup> série : 8 répétitions à 20%</b>
<b>2<sup>ème</sup> série : 8 répétitions à 35%</b>
<b>3<sup>ème</sup> série : 6 répétitions à 50%</b>
<b>4<sup>ème</sup> série : 5 répétitions à 65%</b>
<b>5<sup>ème</sup> série : 3 répétitions à 80%.</b>
<b>6<sup>ème</sup> série : 1 répétition à 95%</b>

Ensuite les athlètes continueront leur échauffement en effectuant simplement une répétition à chaque essai jusqu'à ce qu'ils arrivent à une charge inférieure d'environ dix kilos de la charge maximale prévue. Le temps de repos entre chaque passage est de six minutes.

3) *Echauffement pour la détermination de la charge maximale avec maillot d'assistance :*

L'échauffement se déroule de la même manière que pour le test sans maillot. Le seul changement est qu'ils devront enfiler leur maillot de compétition lorsqu'ils atteindront une charge inférieure de 40 kg à la charge maximale levée. L'échauffement sera le même lors de l'utilisation du deuxième maillot. La dernière barre d'échauffement se fera dix kilogrammes sous la barre maximale prévue.

4) *Echauffement lors des tests effectué au laboratoire :*

L'échauffement se déroule de la manière dont il est réalisé en compétition, est identique pour tous les athlètes. L'échauffement s'effectue de la manière suivante pour tous les athlètes :

**Tableau (3) de l'échauffement lors des tests effectués au laboratoire**

<b>1<sup>ère</sup> série : 8 répétitions à 20%</b>
<b>2<sup>ème</sup> série : 8 répétitions à 35%</b>
<b>3<sup>ème</sup> série : 6 répétitions à 50%</b>
<b>4<sup>ème</sup> série : 5 répétitions à 65%</b>
<b>5<sup>ème</sup> série : 3 répétitions à 80%.</b>

### 5) *Expérimentation :*

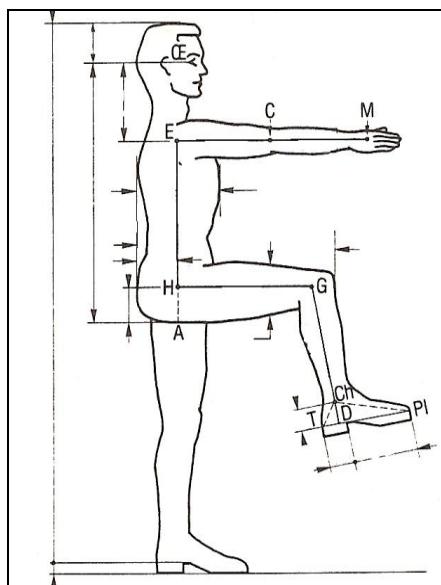
✓ L'expérimentation a débuté le lundi 3 avril 2006 à quinze heures à la salle d'entraînement de la force athlétique rémoise. Le dernier repas est effectué trois heures avant cet entraînement afin d'obtenir les performances les plus représentatives de la valeur des athlètes (digestion terminée). Les athlètes ont été au préalable pesés, mesurés et des prises de mesures centimétriques ont été effectuées par rapport à des repères anatomo-morphologiques particuliers.

- Périmètre du bras : le repère correspond au milieu de la distance entre le bord antéro-externe de l'acromion et le pli de flexion antérieur du coude.

- Périmètre du thorax (sternum) : le repère correspond à la ligne sus mamellaire en expiration.

- Périmètre du thorax (appendice xiphoïde) : le repère correspond à l'appendice xiphoïde du sternum.

- Périmètre de cuisse : le repère correspond au milieu de la distance entre l'épine iliaque antéro supérieure et la face supérieure de la rotule homolatérale.



**Figure (14) des techniques de prise de mesure anthropométrique**

Au départ les athlètes se sont échauffés, puis nous avons déterminé la charge maximale levée par l'athlète sans maillot d'assistance. La détermination de cette charge s'est effectuée dans des conditions semblables à celle connu en compétition (cf. règlement du développé couché, annexe 2).

✓ La deuxième phase de l'expérimentation a débuté le mercredi 5 avril 2006 à quinze heures à la salle d'entraînement de la force athlétique rémoise. Le dernier repas est effectué trois heures avant cet entraînement afin d'obtenir les performances les plus représentatives de la valeur des athlètes (digestion terminée). Au départ les athlètes se sont échauffés, puis nous avons déterminé la charge maximale levée par l'athlète avec un maillot d'assistance de type Titan. La détermination de cette charge s'est effectuée dans des conditions semblables à celle connu en compétition (cf. règlement du développé couché, annexe 2).

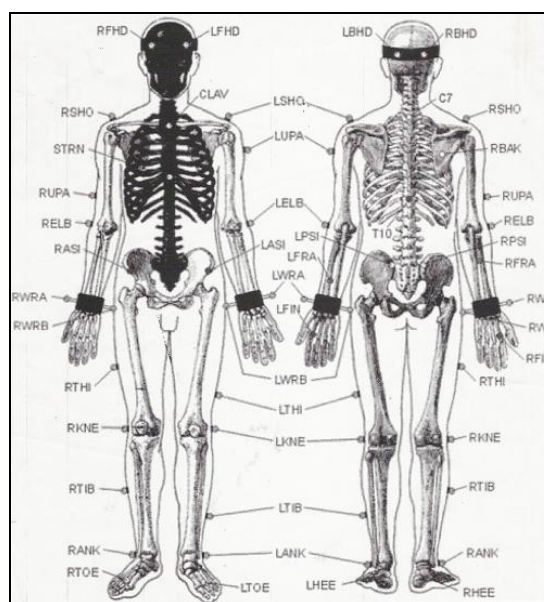
✓ La troisième phase de l'expérimentation a débuté le vendredi 7 avril 2006 à quinze heures à la salle d'entraînement de la force athlétique rémoise. Le dernier repas est effectué trois heures avant cet entraînement afin d'obtenir les performances les plus représentatives de la valeur des athlètes (digestion terminée). Au départ les athlètes se sont échauffés, puis nous avons déterminé la charge maximale levée par l'athlète avec un maillot d'assistance de type Inzer. La détermination de cette charge s'est effectuée dans des conditions semblables à celle connu en compétition (cf. règlement du développé couché, annexe 2).

✓ La quatrième phase de l'expérimentation a débuté le samedi 15 avril 2006 à 9 heures au laboratoire de biomécanique de l'UFR STAPS de Reims. Les athlètes se sont échauffés puis ils sont passés respectivement trois fois au développé couché. Pour cette expérience, ils seront divisés en deux groupes égaux définis aléatoirement. Les membres du

premier groupe commencent par utiliser le maillot de type Titan et ceux du deuxième groupe commencent par utiliser le maillot de type Inzer. La première fois ils ont effectué trois répétitions sans maillot d'assistance à 90% de leur « max » sans maillot. Le deuxième passage est effectué avec un maillot d'assistance, à 90% de la charge maximale levée sans maillot et ils ont effectué trois répétitions (type de maillot défini en fonction du groupe d'appartenance). Le troisième passage est effectué avec le maillot pas encore utilisé, à 90% de la charge maximale levée sans maillot et ils ont effectué trois répétitions. A chaque passage le développé couché est effectué dans des conditions répondants aux règles de compétitions et le temps de repos entre chaque passage est de dix minutes. (cf. règlement du développé couché, annexe 2).

#### 6) Outils :

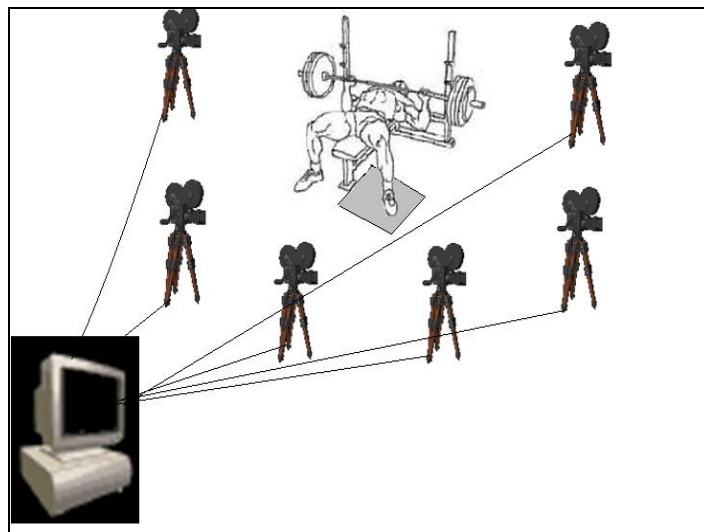
Nous avons utilisé lors de l'expérience de laboratoire une plate forme de force de type AMTI (1000 Hertz) et un système d'analyse VICON (200 Hertz) qui permet de capturer les mouvements humains à l'aide de caméras qui captent des infrarouges émis par des capteurs préalablement fixés sur le sujet de cette façon :



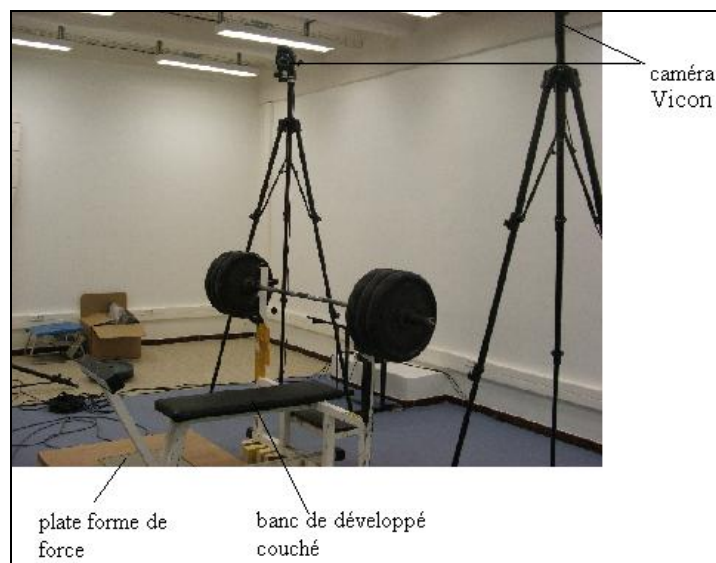
**Figure (15) du placement des capteurs**

Les caméras sont au nombre de six et forment un repère orthonormé ceux qui permet ensuite de visionner en trois dimensions les données récupérées sur un ordinateur. Ce système a été calibré avant l'expérience et cela sert à donner les caractéristiques de la prise de vue, notamment la position et le zoom de la caméra.

Voici un schéma de la manipulation effectuée dans le laboratoire de biomécanique de l'université de formation et de recherche en sciences et techniques des activités physiques et sportives.



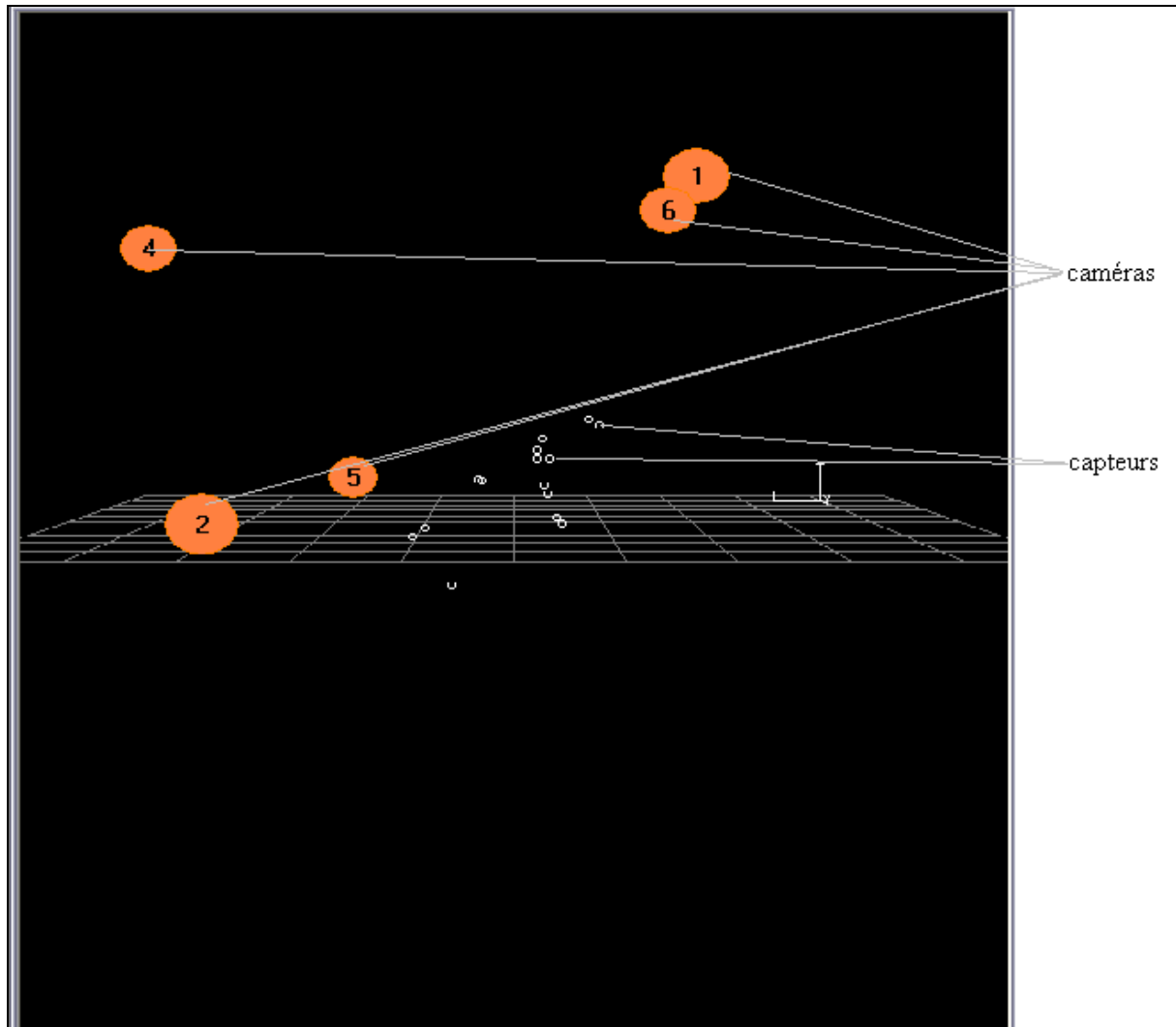
**Figure (16) de représentation de l'expérience**



**Figure (17) du banc de développé couché, des caméras et de la plate forme de force**



Des caméras ont été disposées derrière le banc de développé couché comme le montre la photo ci-dessus (figure 17) mais également sur les cotés. Chaque passage a été filmé et à chaque fois les capteurs fixés sur les athlètes ont transmis les informations au système VICON. Voici une représentation de ce que l'on obtient :



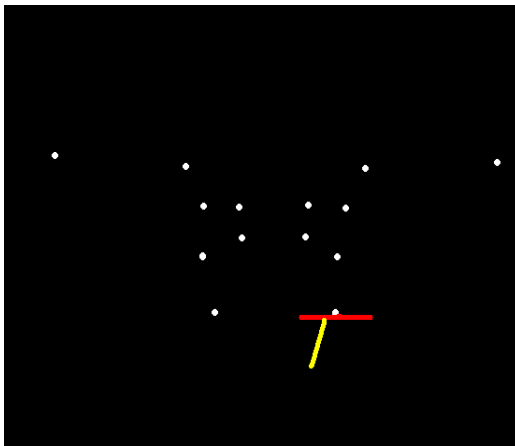
**Figure (18) de l'image obtenue par le système VICON (vue de profil)**

### 7) *Passation :*

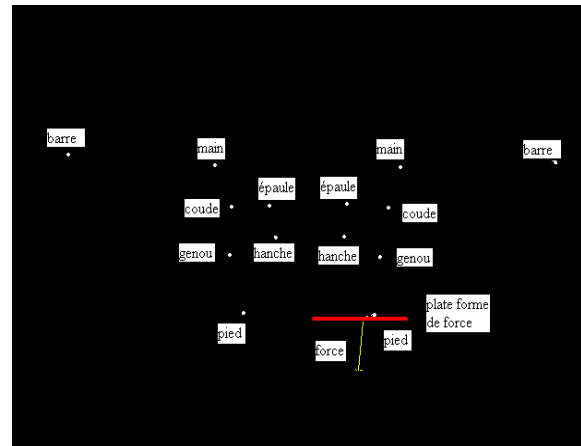
Toutes les consignes devant être respectées par les athlètes telle que l'heure du dernier repas, les règles de réalisation du développé couché, le type d'échauffement à réalisés ainsi que le type de maillot d'assistance à choisir ou non suivant le jour de l'épreuve ont été donné aux athlètes le matin du premier jour de l'expérimentation à onze heure trente et ceci de manière oral. C'est également à ce moment qu'a été décidé de l'appartenance au premier groupe (maillot Titan en premier) ou au deuxième groupe (maillot Inzer en premier).

### 8) *Traitement des données :*

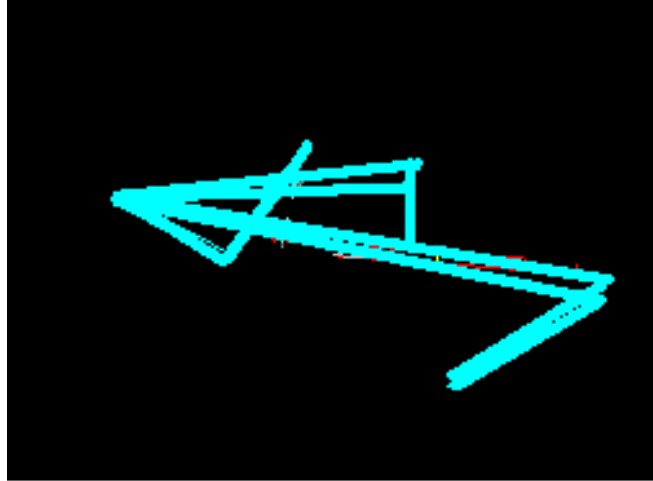
Les données obtenues par le système VICON et la plate forme de force AMTI pendant l'expérience sont étudiées grâce au logiciel Biomécalab (View 3D 33). Ce logiciel montre les capteurs et leur déplacement pendant l'expérience. Voici ci-dessous le genre d'image que l'on obtient :



**Figure (19) représentant un début de développé couché avec biomécalab sans reconstruction (vue de face)**



**Figure (20) montrant ce que sont les points blancs dans biomécalab**



**Figure (21) représentant un milieu de développé couché avec biomécalab après reconstruction (vue de profil)**

Ensuite nous vérifierons si les résultats suivent une loi normale. Ils seront ensuite soumis à une analyse de variance ANOVA à mesure répétées puis à un test t de student pour échantillons appariés.

### a) Mesures anthropométriques

Comme il l'a été mentionné précédemment, le début de l'expérimentation a eut lieu le lundi 3 avril 2006. C'est lors de cette séance que les consignes vues précédemment (page-29-30) ont été données aux athlètes et que les mesures anthropométriques ont été effectuées. Voici les résultats obtenus :

**Tableau (4) des mesures anthropométriques des athlètes**

	Taille (cm)	sternum(cm)	appendice xiphoide(cm)	bras(cm)	circonférence taille(cm)	cuisse(cm)
<b>sujet 1</b>	167	97	86	32	84	53
<b>sujet 2</b>	173	103	87	36	80	58
<b>sujet 3</b>	175	112	96	39	83	63
<b>sujet 4</b>	174	112	98	34	83	63
<b>sujet 5</b>	177	105	92	33	86	62
<b>sujet 6</b>	172	111	103	37	96	62
<b>sujet 7</b>	186	115	102	37	95	64
<b>sujet 8</b>	181	112	103	41	100	64
<b>sujet 9</b>	172	111	102	38	100	63
<b>sujet 10</b>	174	120	107	40	98	67
<b>sujet 11</b>	173	128	103	39	98	63

## b) Charges maximales et barres d'expérimentation

L'expérience a donc débuté le lundi 3 avril 2006, et c'est ce jour là que toutes les consignes ont été données aux athlètes. Elles ont été répétées avant chaque expérimentation. La première phase de l'expérience consista à déterminer la charge maximale levée sans maillot d'assistance, la seconde phase qui s'est déroulée le mercredi 5 avril 2006 servit à voir la charge maximale levée avec un maillot de type Titan et la troisième phase qui a eut lieu le vendredi 7 avril 2006 consista à déterminer la charge maximale levée avec un maillot de type Inzer. Toutes les données obtenues sont résumées dans le tableau suivant qui montre la charge maximale levée sans maillot (sm), avec maillot Inzer (mI) et avec maillot Titan (mT) exprimée en kilogramme et également en point calculés grâce à la formule de Wilks. Ce tableau montre également la barre de travail (barre 3 rép) choisit pour l'expérience au laboratoire.

**Tableau (5) des charges levées**

	niveau	catégories	max sm	max mI	max mT	barre 3 rep	Coefficient Wilks	indice sM	indice mI	indice mT
<b>sujet 1</b>	nat espoir	67,5	122,5	135	140	110	0,7710	94,4475	104,0850	107,9400
<b>sujet 2</b>	nat senior	82,5	150	160	160	135	0,6699	100,4850	107,1840	107,1840
<b>sujet 3</b>	nat senior	82,5	155	180	170	140	0,6699	103,8345	120,5820	113,8830
<b>sujet 4</b>	nat senior	82,5	155	170	180	140	0,6699	103,8345	113,8830	120,5820
<b>sujet 5</b>	inter junior	90	132,5	155	160	120	0,6384	84,5880	98,9520	102,1440
<b>sujet 6</b>	inter espoir	90	155	170	180	140	0,6384	98,9520	108,5280	114,9120
<b>sujet 7</b>	nat espoir	100	132,5	147,5	152,5	120	0,6086	80,6395	89,7685	92,8115
<b>sujet 8</b>	nat espoir	100	132,5	155	170	120	0,6086	80,6395	94,3330	103,4620
<b>sujet 9</b>	nat senior	100	145	180	187,5	130	0,6086	88,2470	109,5480	114,1125
<b>sujet 10</b>	inter senior	100	177,5	225	240	160	0,6086	108,0265	136,9350	146,0640
<b>sujet 11</b>	nat senior	110	167,5	187,5	200	150	0,5885	98,57375	110,34375	117,7000

### c) Résultats

Grâce au logiciel Biomécalab, il a été possible de recueillir toutes les vitesses de descente et de poussée de la barre lors d'un développé couché mais également toutes les forces de poussée au sol lors des différentes phases du mouvement et tous les temps de ces différentes phases. Toutes ces vitesses obtenues pour chaque athlète ont été ensuite regroupées suivant la condition dans laquelle elles ont été réalisées c'est-à-dire que l'on a ou non utilisé un maillot d'assistance et suivant quel type de maillot, Titan ou Inzer.

**Tableau (6) des valeurs obtenues lors de l'expérience**

	Variables	Titan	Inzer	Sans
Performance	Moyenne charge max (kg)	176,4 ±26,9	169,5 ±24,1 a,b	147,7 ±16,7 b
	Vitesse moyenne descente (mm/s)	-213,61±55,6	-256,67±76,5 b	-280,2±69,3 b
	Vitesse maximum descente (mm/s)	-446,89±114,8	-539,9±152,7 b	-584,57±115,1 b
	Vitesse minimum descente (mm/s)	-1,33±1,4	-1,771±1,9	-1,32±1,6
Cinématique	Vitesse moyenne montée (mm/s)	352,4±54,2	297,17±78,2 b	256,18±72,5 b
	Vitesse maximum montée (mm/s)	552,67±73,5	477,48±97,3 b	444,55±113,1 b
	Vitesse minimum montée (mm/s)	0,83±0,2	4,55±3,6 b	2,24±1,8 b
	Temps Stabilisation (s)	0,77±0,25	0,73±0,21	0,74±0,33
	Temps descente (s)	1,4±0,34	1,18±0,38 b	1,04±0,23 b
	Temps Montée (s)	0,88±0,22	1,06±0,27 a,b	1,21±0,27 b
	Force stabilisation (N)	177,2±46 c,d,e	164,8±41,2 c,d,e	190,4±53,8 c,d,e
Forces au sol	Force moyenne Descente (N)	240,9±55,8 a,c	232,7±56,1	271,2±57
	Force maximum Descente (N)	369,5±109,7	375,9±78,2	440,4±113,3
	Force minimum Descente (N)	130,4±41,3	127,39±56,9	154,3±
	Force moyenne Pause (N)	293±76,1	279,222±95,1	319,625±64,6
	Force maximum Pause (N)	398±141,6	353,44±128,3	441,375±115,6
	Force minimum Pause (N)	214±65,2	223,444±89,3	233±76,3
	Force moyenne Montée (N)	255,5±66,8 a	236,9±64,5 c	292,5±60,5
	Force maximum Montée (N)	408,3±114,7	402,7±137,8	482,8±127,4
	Force minimum Montée (N)	120,3±48,4	102,7±43,2	131,3±49,4

a = différence significative par rapport à sans maillot ( $p < 0.05$ )

b = différence significative par rapport au maillot Titan ( $p < 0.05$ )

c = différence significative par rapport à la pause ( $p < 0.05$ )

d = différence significative par rapport à la montée ( $p < 0.05$ )

e = différence significative par rapport à la descente ( $p < 0.05$ )

Afin de voir s'il existe une influence ou non de la poussée au sol sur la performance et sur la cinématique de la poussée de barre, des coefficients de corrélation ont été calculés.

Voici ce que l'on obtient :

**Tableau (7) des corrélations avec la force au sol lors de la phase de montée**

	Titan	Inzer	Sans
<b>Corrélation entre force au sol et performance</b>	0.06	0.7540	0.2373
<b>Corrélation entre force au sol et vitesse</b>	0.1136	0.3530	0.0295*

\* = corrélation significative

Ces résultats ont été obtenues en prenant les valeurs de charges maximales levées par athlètes et les vitesses moyennes de montée lors des trois répétitions à quatre vingt dix pourcent de la charge maximale. La poussée devant être effectuée le plus rapidement possible, la relation entre la performance maximale et des vitesses sur des charges non maximales est donc réalisable.

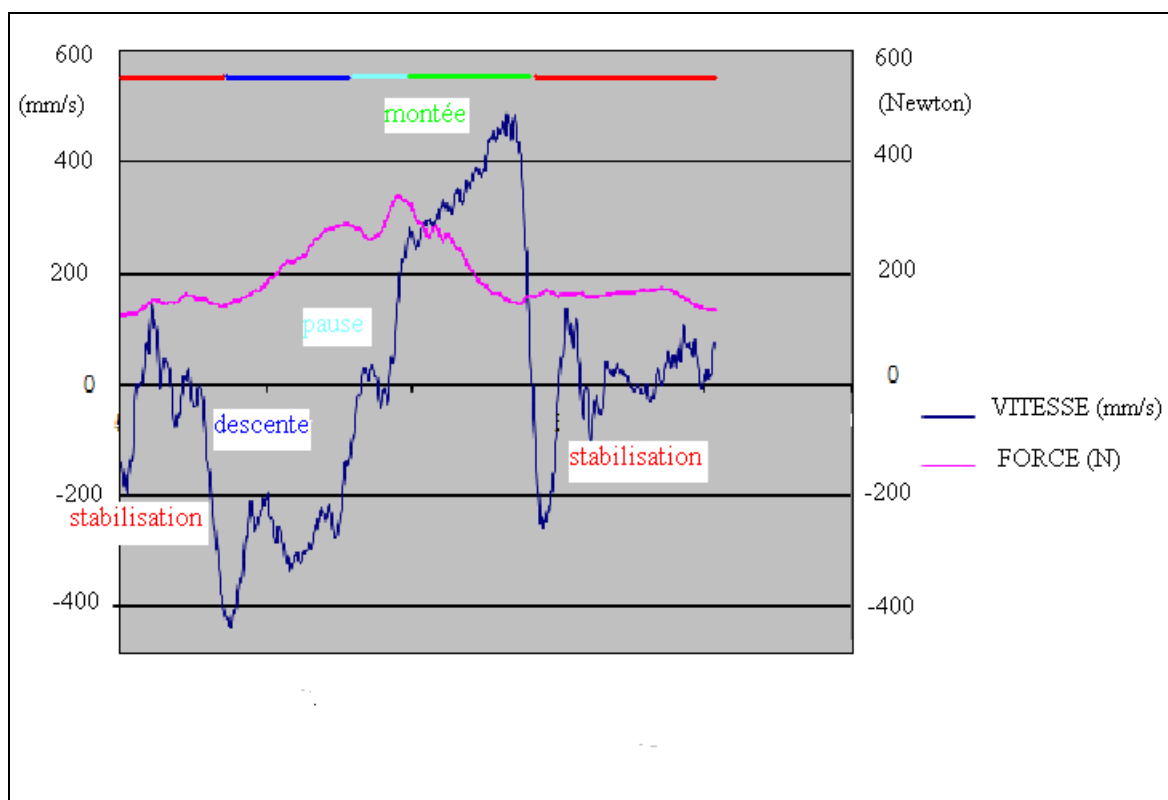
Ce logiciel nous a également permis de mesurer le déplacement de la barre vers l'avant lors de la descente de la barre. Voici les résultats obtenus pour chaque sujet :

**Tableau (8) des valeurs de déplacement de la barre entre le départ et la pause**

	<b>Déplacement (cm)</b>
<b>sujet 1</b>	2.52
<b>sujet 2</b>	2.14
<b>sujet 3</b>	2.31
<b>sujet 4</b>	2.66
<b>sujet 5</b>	3.11
<b>sujet 6</b>	2.31
<b>sujet 7</b>	3.48
<b>sujet 8</b>	2.74
<b>sujet 9</b>	2.54
<b>sujet 10</b>	3.61
<b>Moyenne</b>	2.74



Avant de tenter une quelconque explication des résultats observés grâce à l'expérience réalisée, il apparaît essentiel de définir graphiquement un développé couché en montrant toutes les vitesses obtenues lors de chaque phase d'un développé couché ainsi que la courbe des forces au sol lors de ce mouvement.



**Figure (22) représentant un mouvement de développé couché**

La figure 22 est typique de ce que l'on obtient après avoir traité toutes les données obtenues par le système VICON et la plate forme de force AMTI. On peut remarquer chaque phase du mouvement et voir par exemple que lors de la phase de stabilisation et la phase de

pause, les vitesses sont parfois négatives et parfois positives suivant la phase du mouvement qui se termine ou qui suit

. Ce graphique permet également de distinguer les accélérations et les décélérations de la barre mais aussi les phases de poussé importantes ou non sur le sol.

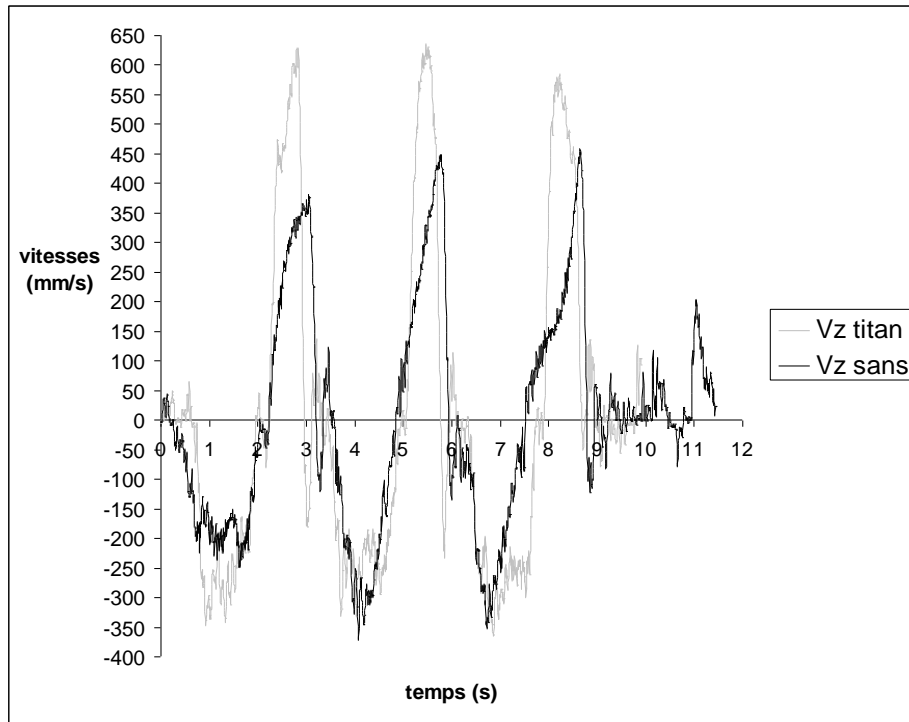
### **a) Performances et cinématique**

#### **✓ Sans maillot et maillot**

##### **• Différence de performance et de cinématique**

Comme nous l'avons vu précédemment (tableau 6 page 37), il existe une différence de performance (147.7 kg sans maillot contre 169.5 et 176.4 kg avec maillot) lorsque l'on utilise un maillot d'assistance et ceux avec les deux types de maillots testés. On remarque donc que la performance au développé couché est augmentée lorsque l'athlète utilise un maillot d'assistance. Ce genre de maillot est d'une matière peu élastique et des résistances importantes au niveau des bras (voir figure 11 et 13 page 20). Cette caractéristique peut être une des explications principales à la différence de performance entre ces deux conditions. Lors de la descente de la barre, un emmagasinement d'énergie élastique se produit et la restitution de cette énergie lors du début de la phase de poussé permet une amélioration significative de la performance.

Les différences de performances sont liées directement aux différences de cinématique, ce sont elle qui apportent les explications les plus probables. Pour le maillot Titan, ces différences sont également visibles pour les vitesses de descente et de montée. Ceci se remarque bien sur un graphique typique représentant la cinématique de deux passages au développé couché dans les conditions sans maillot et avec un maillot Titan :



**Figure (23) représentant la cinématique typique de trois répétitions au développé couché sans maillot et trois répétitions au développé couché avec maillot Titan**

En ce qui concerne le maillot Inzer, les différences de vitesses lors de la descente et de la montée ne sont pas significatives mais on peut parler tout de même d'une tendance assez importante ( $p=0.080$ ). On remarque donc d'une manière générale que les vitesses de descente de la barre sont plus basses donc les temps sont plus long et que les vitesses de montée de la barre sont plus élevées et donc les temps sont plus court dans les conditions avec maillot. Ces phénomènes de diminution des vitesses lors de la descente de la barre et d'augmentation lors de la montée lorsque l'on utilise un maillot d'assistance sont liés directement aux propriétés de résistance du maillot (figure 11 et 13 page 20). Le maillot possède une matière peu élastique et lors de la phase de descente il se déforme et entraîne donc un ralentissement de la vitesse de la barre. Cette déformation est donc l'équivalent d'un emmagasinement d'énergie potentielle élastique qui est restituée tout au long de la phase de montée de la barre.

L'addition de cette énergie supplémentaire avec celle de l'athlète (qui n'a pas changée) implique donc une amélioration des vitesses de montée de la barre et donc une amélioration de la puissance ( $\text{Puissance (W)} = \text{Force (N)} * \text{vitesse (m/s)}$ ).

✓ **Maillot Inzer et maillot Titan**

• **Différence de performance et de cinématique**

La première explication à ces différences de performances (169.5kg pour Inzer contre 176.4 kg pour Titan) est due certainement à la matière utilisée ainsi qu'au placement des coutures (figures 11 et 13 page 20). En effet le maillot Titan offre une plus grande résistance (avec une matière plus rigide) à la descente ainsi qu'une propriété de déformation quasi nulle. Le maillot Titan reprend sa forme initiale tout comme le maillot Inzer mais avec une plus grande rapidité. L'emmagasinement d'énergie potentielle élastique commence plus tôt (vitesse plus lente et descente plus longue) et la restitution termine plus tard (vitesse plus rapide et temps de montée plus court). En effet la résistance débute dès le début du mouvement pour le maillot Titan et semble donc aider le mouvement de poussée plus longtemps que lorsque l'on utilise un maillot Inzer. Ceci est sûrement dû au placement des coutures sur le maillot qui se trouve au niveau du triceps pour le maillot Titan et au niveau des épaules pour le maillot Inzer mais aussi à la matière qui est beaucoup plus élastique pour le maillot Inzer.

La seconde explication à ces différences de performances et de cinématique est peut être la différence de sensation dans ces maillots. Lorsque l'on enfle le maillot Inzer, la matière colle au corps alors que pour le maillot Titan la matière tient le corps. La différence entre ses maillots se fait sur la sensation. Le maillot Inzer colle à la peau procure une sensation de compression que l'on ne ressent pas de la même façon dans le maillot Titan. Il est même assez gênant pour reproduire son geste « parfait » alors que le Titan permet une plus grande liberté de mouvement due à la souplesse de sa matière dans le dos. Selon l'étude de

McLaughlin et Madsen (1984) le geste de l'expert est plus rapide que celui du novice et donc une gêne dans un mouvement ne permet pas d'emprunter la trajectoire qui impliquera une vitesse plus grande. La gêne ressentie avec le maillot Inzer est donc certainement la cause de son infériorité par rapport au maillot Titan (297.17 mm/s pour Inzer contre 352.4 pour Titan) en matière de vitesse au développé couché et donc de performance. Cette gêne est ressentie d'ailleurs dès le début du développé couché de compétition c'est-à-dire lors de la phase de descente, la phase excentrique. Cela peut engendrer une difficulté de mise en tension des muscles moteurs lors de la phase excentrique (Jidortseff B et coll. (2006)) avec le maillot Inzer alors que cette difficulté n'existera pas avec le maillot Titan étant donné que la souplesse de sa matière dans le dos permet le placement idéal.

#### **b) Les limites de notre travail sur les performances et la cinématique**

Notre étude a permis de montrer que les maillots augmentent de manière significative la performance et modifient la cinématique (particulièrement pour le maillot Titan). Cependant, quelques points apparaissent comme importants à rappeler :

✓ Premièrement, il est possible que lors de leur passage les athlètes n'aient pas poussé de toutes leurs forces à chaque passage malgré les consignes et ceux en raison de la charge qui semblait assez facile pour un passage avec un maillot de développé couché.

✓ Deuxièmement, il se peut que les athlètes qui sont passés parfois deux fois (pour trois athlètes) pour une seule et même condition en raison de quelques disparitions de capteurs infrarouges aient été fatigués au moment de leur passage bien que les temps de récupération étaient respectés.

✓ Troisièmement, le tissu de ce genre de maillot est très résistant à la déformation, il retourne presque à chaque fois à son état initial. Lorsque le tissu est trop étiré,

il ne se déforme pas mais se déchire. C'est pour cela que le choix de la taille du maillot doit être le plus approprié possible afin d'aider l'athlète au mieux et ne pas être trop petit pour ne pas se déchirer. Il se peut donc que les athlètes aient choisis des maillots trop grands, ce qui peut fausser notre étude.

✓ Quatrièmement, les athlètes volontaires pour cette expérience sont tous des athlètes de haut niveau qui se servent depuis longtemps de ce genre de maillot et qui les ont déjà tous testés. Mais, il semble nécessaire de rappeler que chaque athlète possède ses propres préférences et que l'utilisation de tel ou tel maillot peut les avoir motivés ou perturbés.

✓ Cinquièmement, il apparaît comme impératif de dire que d'autres maillots existent (très récents) et que l'étude ne les a pas inclus en raison de leur faible diffusion en France. Leur étude lors de notre expérience aurait peut-être changé certains résultats.

✓ Et pour en finir avec les limites, il aurait été intéressant de mesurer à l'aide d'un questionnaire (type test de Borg) de perception la sensation ressentie dans les différents maillots.

### **c) Analyse des forces au sol**

#### **✓ Suivant la condition**

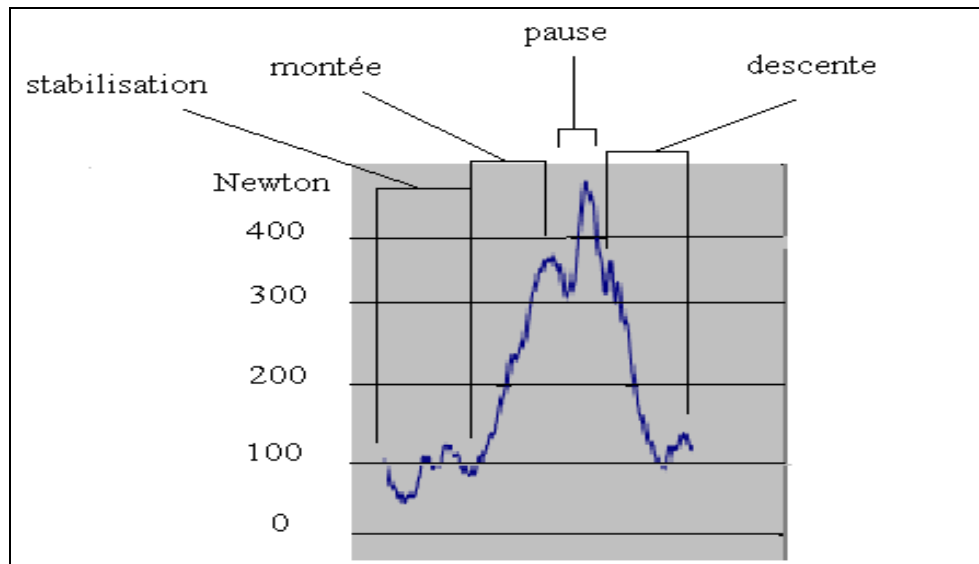
Comme nous l'avons vu dans le tableau des résultats (tableau 6 page 37), la force au sol ne dépend pas de la condition dans laquelle l'athlète est passé. En effet, que l'on utilise un maillot ou non, différent ou non les forces au sol ne varient pas. Le maillot n'accentue pas ou ne diminue pas l'utilisation de ces points d'appui par rapport à la condition sans maillot et ceux malgré l'augmentation significative des vitesses (+96.22mm/s pour Titan et +40.99 mm/s pour Inzer). Un athlète ne pousse pas plus sur ces pieds quand il utilise un maillot que quand il n'en utilise pas et ceci malgré la différence avérée de performance (+ 28.7 kg pour Titan et + 21.8 pour Inzer). Ces points d'appui ne semblent donc jamais subir de

modifications notables et ne sont donc pas une des causes de l'augmentation de performance et de vitesse lorsque l'on utilise un maillot ou lorsque l'on change de maillot. La principale explication est donc que malgré toute la gêne et les sensations désagréables ressenties par les athlètes, ils arrivent tous de même à reproduire un geste proche de leur geste sans matériel, tout au moins au niveau du placement de leurs pieds. L'utilisation d'un maillot d'assistance semble donc n'avoir aucune influence sur les membres inférieurs lors d'un développé couché. On remarque tout de même qu'il existe une corrélation entre la vitesse de montée de barre et la performance dans la condition sans maillot. Mais les vitesses de montée de barre sont plus grandes avec maillot et les charges plus importantes. Cela prouve vraiment l'effet du maillot sur les performances et la cinématique. La poussée au sol est toujours identique mais les vitesses diffèrent. Le maillot permet donc pas ou peu d'avoir une poussée en relation avec les vitesses et les performances atteintes. On peut noter tout de même une tendance ( $p=0.06$ ) en ce qui concerne la relation performances et forces au sol avec le maillot Titan. Il semblerait que ce maillot donne plus de liberté à l'athlète qui peut avoir une poussée au sol plus en relation avec la performance réalisée.

✓ **Suivant la phase du mouvement**

- **Différence de forces au sol avec la phase de stabilisation lors des phases de descente et de montée**

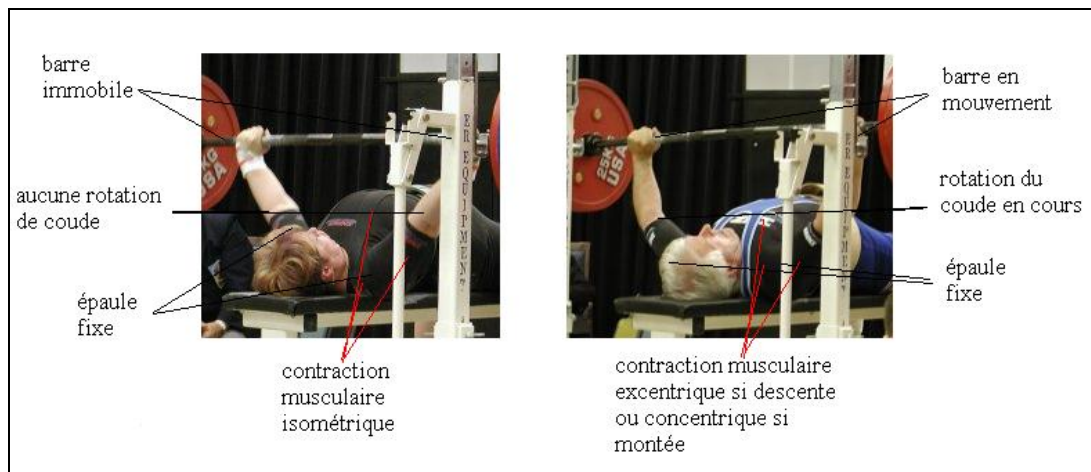
Comme le montre le tableau récapitulatif des résultats (tableau 6 page 37), il existe des différences significatives entre les forces au sol lors de la phase de stabilisation et les autres. Les athlètes poussent beaucoup plus sur le sol que lors des autres phases du développé couché. Cependant les forces au sol ne sont pas négligeables. Tout ceci se remarque bien sur un graphique :



**Figure (24) montrant la force au sol lors d'une répétition au développé couché**

On peut expliquer cette différence de force par le fait que le maintien de la barre après l'avoir sorti est déjà un effort pour l'athlète qui prend avant le début de la descente tout les points d'appui dont il va se servir lors du développé couché. On remarque tout de même que les forces au sol lors de cette phase de stabilisation sont nettement inférieures à celle lors des autres phases. On peut expliquer ces différences de forces par le fait que la phase de stabilisation permet à l'athlète de se placer, ce qui implique des forces développées et des variations de force légères, et que la position de l'athlète est relativement stable. La barre est maintenue au dessus de la tête, les bras sont tendus, les épaules sont calées sur le banc, ce qui implique un maintien facile de la barre et un mode de contraction musculaire isométrique. On peut parler ici de moment de force nulle si l'on prend comme axe de rotation le coude et comme point fixe la barre et les épaules. A partir du moment où l'athlète débute la phase de descente jusqu'à ce qu'il est fini la phase de montée, le moment de force n'est plus nulle, la contraction musculaire devient successivement excentrique puis concentrique. Cela se remarque facilement sur une photo :





**Figure (25) montrant les modes de contraction musculaire et la stabilité relative lors d'un développé couché**

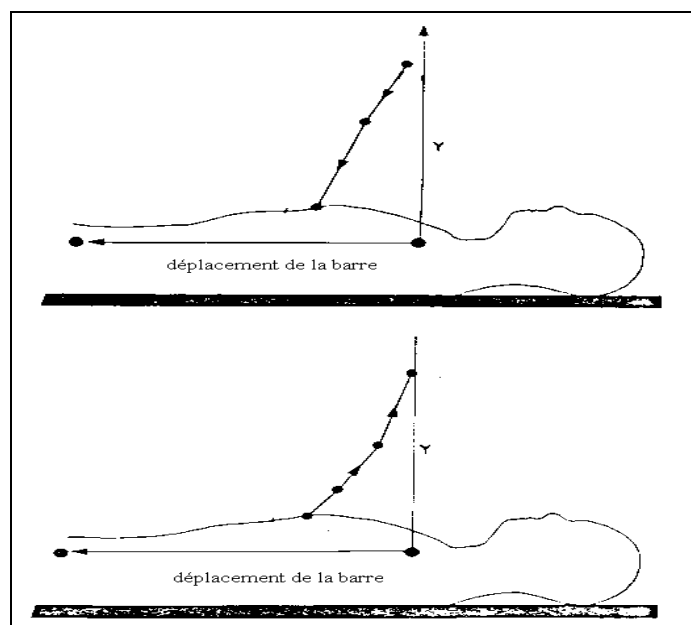
Comme le montre la figure 25, l'athlète n'est donc plus dans une position de relative stabilité mais dans une position qui varie sans cesse au cours du temps et il compense donc cette perte en poussant plus fortement sur le sol. On peut également expliquer cette forte hausse des forces au sol par le fait que la barre suit une trajectoire qui dévie légèrement vers l'avant (en moyenne 2.74 cm tableau 8 page 39) et que donc le déplacement de la barre vers l'avant entraîne un déplacement du centre de gravité vers les membres inférieurs ce qui implique une augmentation de la force produite par ces derniers.

- **Différence de forces au sol avec la phase de pause lors des phases de descente et de montée**

Le tableau des résultats (tableau 6 page 37) nous montre quelques différences significatives de forces au sol avec celle développées lors de la phase de pause. On remarque que la différence est statistiquement prouvée entre la phase de descente et la phase de pause avec le maillot Titan. Elle est également avérée entre la phase de montée et la phase de pause avec le maillot Inzer. Mais d'une manière générale même si on ne peut parler que de tendances dans les autres conditions, on peut dire que la phase où l'athlète effectue un temps d'arrêt sur la poitrine est une phase où les forces au sol sont les plus importantes.

A cela peuvent être avancées plusieurs explications différentes qui sont sûrement liées. La première explication qui peut être avancée est basée sur l'explication de la relation force-longueur du muscle proposé par Francis Goubel (1998). Il nous explique que la force d'un muscle croît jusqu'à une certaine longueur mais qu'en dessous de cette longueur la force du muscle décroît avec sa longueur. Pour lui, chaque muscle possède une longueur de développement optimal de la force. Pour les bras, l'angle optimal semble être de l'ordre de quatre vingt dix degrés et lors du temps de pause lors d'un développé couché l'angle formé par l'épaule, le coude et la main est nettement inférieure à cela. La perte de force musculaire est donc certainement compensée par une augmentation de la force au sol.

La seconde est une explication déjà avancée précédemment et qui veut que la déviation de la barre vers l'avant (2.74 cm en moyenne) implique un rapprochement de la barre vers les pieds de l'athlète. Cette déviation du centre de gravité entraîne donc une augmentation des forces au sol. Elle a été montrée par McLaughlin et Madsen (1984).



**Figure (26) montrant la déviation de la barre lors d'un développé couché  
(McLaughlin et Madsen (1984))**

La troisième explication est directement liée à la déviation de la barre vers l'avant. On sait que la trajectoire de la barre suit une courbe spécifique (McLaughlin et Madsen (1984). Afin de prendre cette trajectoire idéale l'athlète pousse plus sur ces pieds. La phase de pause sert alors à l'athlète de phase de positionnement. Ce changement de position qui est décrit par Marc Vouillot (2005) (ex entraîneur de l'équipe de France) comme un gonflement de la poitrine peut donc être l'une des causes de ces modifications des forces au sol. D'après Jidortseff B et coll. (2006), la phase excentrique apparaît comme essentielle dans la mise en tension musculaire et donc dans la réalisation de la performance. Notre étude nous amène donc à penser que le placement de l'athlète permettant la mise en tension des muscles moteurs dans un développé couché de compétition se fait lors de la phase de pause et ceux en augmentant la force développée par les membres inférieurs. La phase excentrique décrite par Jidortseff B et coll. (2006) dans un développé couché classique (sans temps d'arrêt) correspondrait plutôt à une phase préparatoire dans le développé couché de compétition, c'est-à-dire un développé avec un temps d'arrêt en bas. Ces deux phases apparaissent donc comme plus importantes que l'on ne le croyait si l'on souhaite optimiser la performance.

#### **d) Les limites de notre travail sur les forces au sol**

✓ Premièrement, il est possible que lors de leur passage les athlètes n'aient pas poussé de toutes leurs forces à chaque passage malgré les consignes et ceux en raison de la charge qui semblait assez facile pour un passage avec un maillot de développé couché. L'utilisation de charges sous maximales implique que l'athlète, même s'il pousse le plus fort possible, ne se sert peut être pas de toutes ces ressources pour lever cette charge légère. En effet, la simple contraction des muscles moteurs permet la réalisation facile du mouvement à cette charge.

✓ Pour en finir avec les limites, il faut ajouter que l'utilisation d'une seule plate forme de force nous a obligé à travailler que sur un coté. L'utilisation d'une plate forme de force sous les deux pieds aurait peut être changé nos résultats si les athlètes ont effectué un mouvement non symétrique.

Cette recherche que nous avons conduite durant plusieurs semaines a été prenante et intéressante mais cela n'a pas été sans difficultés. En effet, la réalisation de ce mémoire de recherche a nécessité un travail conséquent ou la rigueur et la remise en cause perpétuelle de nos choix ont été les moteurs indicibles de notre réflexion.

Il a donc fallu structurer nos pensées, et les mettre en accord avec toutes les données recueillies. Toutes ces données ont ensuite dû être étudiées, puis classées et triées afin de ne retenir que ce qui avait pour nous un intérêt.

Le fait de travailler sur un sujet si peu étudié, avec des athlètes de haut niveau (plusieurs membres de l'équipe de France), et un enjeu important, comme la découverte de l'importance réelle des maillots et des forces au sol, a été pour nous une source de motivation au départ mais aussi de quelques doutes lors de la réalisation de toute cette expérience.

Consécutivement à notre recherche, nombre de points positifs et négatifs émergent. On a notamment remarqué que la performance au développé couché était plus grande avec un maillot de développé couché et que le maillot Titan était supérieur au maillot Inzer pour la performance. Par contre ces maillots n'ont pas d'influence sur les forces au sol mais les membres inférieurs semblent être le point de départ d'un placement correct lors d'un développé couché et apparaissent donc comme essentiels à la réalisation d'une bonne performance. On ne peut donc pas dédaigner que cette étude entraîne des répercussions dans le monde de la force athlétique et plus particulièrement du développé couché, pourtant certaines nuances sont à apporter et le choix des maillots ne doit pas se faire simplement en fonction de ce que nous venons de voir.

Cette étude nous a donc permis d'élever notre niveau d'expertise dans ce sport du point de vue théorique (par toutes les recherches effectuées) et pratique. Nous espérons que

notre étude engendrera nombre de débat au sein même de la force athlétique et engendrera d'autres études du même type.

Une partie de cette étude a servit de support à une publication dans la revue Science &Sports. L'article a été reviewer et est à l'heure actuelle accepté sous réserve de modifications mineures.

## Bibliographie

- Barnett, C., Kippers, V. & Turner P, (1995). Effects of variations of the bench press exercise on EMG activity of five shoulder muscles. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9(4)1995
- Brechue WF, Abe T, (2002). The role of FFM accumulation and skeletal muscle architecture in powerlifting performance. *European journal of applied physiology*. 86(4):327-36.
- Carpinelli RN, Otto RM, (1999). Strength training. Single versus multiple sets. *Sports Medicine*. 26(2):73-84.
- Clemons, J. & Aaron, C. (1997). Effect of grip width on the myoelectric activity of the prime movers in the bench press. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 11(2)
- Escamilla R, (1999). *A three-dimensional kinematic analysis of sumo and conventional style deadlifts*. Presented at the 1999 Annual Meeting of the National Strength and Conditioning Association, Kansas City, KA.
- Escamilla R.F, (2003). *Biomechanical analysis of sumo and conventional deadlifts in females during the special olympics world games*. Presented at the 50<sup>th</sup> Annual Meeting of the American College of Sports Medicine, San Francisco, CA.
- Escamilla R.F, (2001). *Biomechanical analysis of the deadlift during the 1999 special olympics world games*. Presented at the XIX International Symposium on Biomechanics in Sports, San Francisco, CA.
- Escamilla, R.F, (2001). Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(1).
- Escamilla, R.F., Fleisig, G.S., Zheng, N., Lander, J.E., Barrentine, S.W., Bergemann, B.W., Andrews, J.R., & Moorman, C.T.(2001). Effects of technique variations on

knee biomechanics during the dynamic squat and leg press exercises. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(9)

- Escamilla, R.F., Francisco, A.C., Fleisig, G.S., Welch, C.M., Barrentine, S.W., Kayes, A.V., & Andrews, J.R. *A three dimensional kinetic analysis of sumo and conventional style deadlifts.*(1999) Conferences Proceedings for the American Society of Biomechanics 23<sup>rd</sup> Annual Meeting, Pittsburgh, PA: 152.
- Escamilla, R.F., Francisco, A.C., Kayes, A.V., Speer, K.P., & Moorman, C.T., III (2002). An electromyographic analysis of sumo and conventional style deadlifts. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 34(4)
- Escamilla, R.F., Lowry, T.M., Osbahr, D.C., & Speer, K.P (2001). *Biomechanical analysis of the deadlift during the 1999 special olympics world games.* Conference Proceedings for the XIX International Symposium on Biomechanics in Sports, San Francisco, CA: 6367.
- Escamilla, R.F., Zheng, N., Fleisig, G.S., Lander, J.E., Barrentine, S.W., Cutter, G.R., & Andrews, J.R, (1997). The effects of technique variations on knee biomechanics during the squat and leg press. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(5S): S156.
- Fry AC, Webber JM, Weiss LW, Harber MP, Vaczi M, Pattison NA., (2003). Muscle fiber characteristics of competitive power lifters. *Journal of Strength and Conditioning Research* 17(2)
- Glass, S.C. & Armstrong, T. (1997). Electromyographical activity of the pectoralis muscle during incline and decline bench presses *.Journal of Strength and Conditioning Research*, 11(3), 1997
- Goubel F, Lensele-Corbeil G (1998). *Biomécanique éléments de mécanique musculaire*, Edition Masson



- Hollmann W, Hettinger T, Venrath H, Herkenrath G, (1965). *Investigations on the effect of digitalis on the strength of human skeletal muscles*. Munch Med Wochenschr ; 107(27):1338-40.
- Huxley, (1954). *Structural changes in muscle during contraction - interference microscopy of living muscle fibres*, nature 173: 971
- Jidortseff B, Croisier JL, Crielaard JM, (2006). Influence de la modalité du développé couché sur la performance iso-inertielle. *Science et sports*
- Lehman, G. (2005). The influence of grip Width and forearm pronation/supination on upper body myoelectric activity during the flat bench press. *Journal of strength and conditioning Research*, 19 (3),587-591
- Letzelter, (1990). *Entraînement de la force, Edition Vigot*
- Maitres S., Développé couché, Analyse anatomo-fonctionnelle, (2005). Site de Maitres S., [en ligne]. <http://www.preparation-physique.net>
- Maitres S., Evolutions des paramètres cinétiques et cinématique lors d'un exercice de flexion-extension du membre inférieur (2005), Site de Maitres S., [en ligne]. <http://www.preparation-physique.net>
- Maitres S, Poumarat G, Vanneville G, Filaire M, Garcier JM, Chandezon R, Terver S (1999) Comparative evolution of angular positions during half squat exercise. *Archive of physiology & Biochemistry supplement* septembre 1999
- McLaughlin, T.M. and N.H. Madsen, *Bench press techniques of elite heavyweight powerlifters*. *Nat Strength Cond Ass J*, 1984. 6(4): p. 44, 62-65.
- McLaughlin, T.M., *Bench Press More Now: Breakthroughs in Biomechanics and Training Methods*. 1984, Marietta: Biomechanics, Inc. 85.
- Saltin, B (1973). Metabolic fundamentals in exercise. *Medicine and Science in Sports Exercise*. Fall; 5(3):137-46.
- Shorten, M. R. (1987). Muscle elasticity and human performance. In *Medicine and Sport Science*, vol. 25, ed.VAN GHELUWE, B. & ATHA, J., pp. 1–18. Karger, Basel.

- Vanderburgh PM, Batterham AM, (1999).Validation of the Wilks powerlifting formula. *Medicine and Science in Sports Exercise*. 31(12).
- Vouillot, M (2005), *La force athlétique, Edition Chiron*
- Wallauch, Material examination, Site de l'IPF (International powerlifting federation)[en ligne], [www.powerlifting-ipf.com](http://www.powerlifting-ipf.com)
- Weineck, (1990), *Manuel d'entraînement, Edition Vigot*

## Annexe

### Annexe 1: Table des Wilks de Vanderburgh PM, Batterham AM, (1999)

#### Messieurs

<b>55</b>	0.9267	0.9250	0.9233	0.9217	0.9200	0.9184	0.9168	0.9152	0.9135	0.9119
<b>56</b>	0.9103	0.9088	0.9072	0.9056	0.9041	0.9025	0.9010	0.8994	0.8979	0.8964
<b>57</b>	0.8949	0.8934	0.8919	0.8904	0.8889	0.8874	0.8859	0.8845	0.8830	0.8816
<b>58</b>	0.8802	0.8787	0.8773	0.8759	0.8745	0.8731	0.8717	0.8703	0.8689	0.8675
<b>59</b>	0.8662	0.8648	0.8635	0.8621	0.8608	0.8594	0.8581	0.8568	0.8555	0.8542
<b>60</b>	0.8529	0.8516	0.8503	0.8490	0.8477	0.8465	0.8452	0.8439	0.8427	0.8415
<b>61</b>	0.8402	0.8390	0.8378	0.8365	0.8353	0.8341	0.8329	0.8317	0.8305	0.8293
<b>62</b>	0.8281	0.8270	0.8258	0.8246	0.8235	0.8223	0.8212	0.8200	0.8189	0.8178
<b>63</b>	0.8166	0.8155	0.8144	0.8133	0.8122	0.8111	0.8100	0.8089	0.8078	0.8067
<b>64</b>	0.8057	0.8046	0.8035	0.8025	0.8014	0.8004	0.7993	0.7983	0.7973	0.7962
<b>65</b>	0.7952	0.7942	0.7932	0.7922	0.7911	0.7901	0.7891	0.7881	0.7872	0.7862
<b>66</b>	0.7852	0.7842	0.7832	0.7823	0.7813	0.7804	0.7794	0.7785	0.7775	0.7766
<b>67</b>	0.7756	0.7747	0.7738	0.7729	0.7719	0.7710	0.7701	0.7692	0.7683	0.7674
<b>68</b>	0.7665	0.7656	0.7647	0.7638	0.7630	0.7621	0.7612	0.7603	0.7595	0.7586
<b>69</b>	0.7578	0.7569	0.7561	0.7552	0.7544	0.7535	0.7527	0.7519	0.7510	0.7502
<b>70</b>	0.7494	0.7486	0.7478	0.7469	0.7461	0.7453	0.7445	0.7437	0.7430	0.7422
<b>71</b>	0.7414	0.7406	0.7398	0.7390	0.7383	0.7375	0.7367	0.7360	0.7352	0.7345
<b>72</b>	0.7337	0.7330	0.7322	0.7315	0.7307	0.7300	0.7293	0.7285	0.7278	0.7271
<b>73</b>	0.7264	0.7256	0.7249	0.7242	0.7235	0.7228	0.7221	0.7214	0.7207	0.7200
<b>74</b>	0.7193	0.7186	0.7179	0.7173	0.7166	0.7159	0.7152	0.7146	0.7139	0.7132
<b>75</b>	0.7126	0.7119	0.7112	0.7106	0.7099	0.7093	0.7086	0.7080	0.7074	0.7067
<b>76</b>	0.7061	0.7055	0.7048	0.7042	0.7036	0.7029	0.7023	0.7017	0.7011	0.7005
<b>77</b>	0.6999	0.6993	0.6987	0.6981	0.6975	0.6969	0.6963	0.6957	0.6951	0.6945
<b>78</b>	0.6939	0.6933	0.6927	0.6922	0.6916	0.6910	0.6905	0.6899	0.6893	0.6888
<b>79</b>	0.6882	0.6876	0.6871	0.6865	0.6860	0.6854	0.6849	0.6843	0.6838	0.6832
<b>80</b>	0.6827	0.6822	0.6816	0.6811	0.6806	0.6800	0.6795	0.6790	0.6785	0.6779

<b>81</b>	0.6774	0.6769	0.6764	0.6759	0.6754	0.6749	0.6744	0.6739	0.6734	0.6729
<b>82</b>	0.6724	0.6719	0.6714	0.6709	0.6704	0.6699	0.6694	0.6689	0.6685	0.6680
<b>83</b>	0.6675	0.6670	0.6665	0.6661	0.6656	0.6651	0.6647	0.6642	0.6637	0.6633
<b>84</b>	0.6628	0.6624	0.6619	0.6615	0.6610	0.6606	0.6601	0.6597	0.6592	0.6588
<b>85</b>	0.6583	0.6579	0.6575	0.6570	0.6566	0.6562	0.6557	0.6553	0.6549	0.6545
<b>86</b>	0.6540	0.6536	0.6532	0.6528	0.6523	0.6519	0.6515	0.6511	0.6507	0.6503
<b>87</b>	0.6499	0.6495	0.6491	0.6487	0.6483	0.6479	0.6475	0.6471	0.6467	0.6463
<b>88</b>	0.6459	0.6455	0.6451	0.6447	0.6444	0.6440	0.6436	0.6432	0.6428	0.6424
<b>89</b>	0.6421	0.6417	0.6413	0.6410	0.6406	0.6402	0.6398	0.6395	0.6391	0.6388
<b>90</b>	0.6384	0.6380	0.6377	0.6373	0.6370	0.6366	0.6363	0.6359	0.6356	0.6352
<b>91</b>	0.6349	0.6345	0.6342	0.6338	0.6335	0.6331	0.6328	0.6325	0.6321	0.6318
<b>92</b>	0.6315	0.6311	0.6308	0.6305	0.6301	0.6298	0.6295	0.6292	0.6288	0.6285
<b>93</b>	0.6282	0.6279	0.6276	0.6272	0.6269	0.6266	0.6263	0.6260	0.6257	0.6254
<b>94</b>	0.6250	0.6247	0.6244	0.6241	0.6238	0.6235	0.6232	0.6229	0.6226	0.6223
<b>95</b>	0.6220	0.6217	0.6214	0.6211	0.6209	0.6206	0.6203	0.6200	0.6197	0.6194
<b>96</b>	0.6191	0.6188	0.6186	0.6183	0.6180	0.6177	0.6174	0.6172	0.6169	0.6166
<b>97</b>	0.6163	0.6161	0.6158	0.6155	0.6152	0.6150	0.6147	0.6144	0.6142	0.6139
<b>98</b>	0.6136	0.6134	0.6131	0.6129	0.6126	0.6123	0.6121	0.6118	0.6116	0.6113
<b>99</b>	0.6111	0.6108	0.6106	0.6103	0.6101	0.6098	0.6096	0.6093	0.6091	0.6088
<b>100</b>	0.6086	0.6083	0.6081	0.6079	0.6076	0.6074	0.6071	0.6069	0.6067	0.6064
<b>101</b>	0.6062	0.6060	0.6057	0.6055	0.6053	0.6050	0.6048	0.6046	0.6044	0.6041
<b>102</b>	0.6039	0.6037	0.6035	0.6032	0.6030	0.6028	0.6026	0.6024	0.6021	0.6019
<b>103</b>	0.6017	0.6015	0.6013	0.6011	0.6009	0.6006	0.6004	0.6002	0.6000	0.5998
<b>104</b>	0.5996	0.5994	0.5992	0.5990	0.5988	0.5986	0.5984	0.5982	0.5980	0.5978
<b>105</b>	0.5976	0.5974	0.5972	0.5970	0.5968	0.5966	0.5964	0.5962	0.5960	0.5958
<b>106</b>	0.5956	0.5954	0.5952	0.5950	0.5948	0.5946	0.5945	0.5943	0.5941	0.5939
<b>107</b>	0.5937	0.5935	0.5933	0.5932	0.5930	0.5928	0.5926	0.5924	0.5923	0.5921
<b>108</b>	0.5919	0.5917	0.5916	0.5914	0.5912	0.5910	0.5909	0.5907	0.5905	0.5903
<b>109</b>	0.5902	0.5900	0.5898	0.5897	0.5895	0.5893	0.5892	0.5890	0.5888	0.5887
<b>110</b>	0.5885	0.5883	0.5882	0.5880	0.5878	0.5877	0.5875	0.5874	0.5872	0.5870

## **Annexes 2 : Règlement du développé couché**

### **DEVELOPPE COUCHE:(BENCHPRESS)**

1- Le banc doit être placé sur le plateau, la tête vers l'avant ou déplacée d'un angle de 45 degrés.

2- Le concurrent doit s'allonger sur le dos de façon que ses épaules et ses fessiers soient en contact avec la surface du banc. Les semelles et les talons de ses chaussures doivent être en contact avec le plateau ou les cales. Ses mains et ses doigts doivent serrer la barre, posée sur les supports, avec une prise " pouces verrouillés ". Cette position de corps doit être conservée pendant tout le mouvement.

3- Pour assurer un appui solide des pieds, le concurrent peut utiliser des disques plats ou des cales qui ne dépasseront pas 30 cm en hauteur, de façon à rehausser la surface du sol . Un choix de cales de 5 cm, 10 cm, 20 cm, 30 cm doit être proposé pour le placement des pieds dans toutes les compétitions internationales. De légers mouvements des pieds, ou des mouvements de pieds mineurs, sont autorisés, aussi bien à partir des cales que du plateau.

4- Pas plus de 3 suiveurs chargeurs, et pas moins de 2, pourront se trouver sur le plateau, à n'importe quel moment. Après s'être correctement positionné, le concurrent peut demander l'aide des suiveurs chargeurs pour enlever la barre des supports. S'ils aident le compétiteur, les chargeurs suiveurs doivent le faire jusqu'à la position bras tendus.

6- L'espacement maximum des mains sur la barre, entre les index, est de 81 cm. Les deux index doivent se trouver dans la zone des 81 cm. En cas de blessure ou de problème

anatomique, si le concurrent est incapable de serrer la barre symétriquement des deux mains, il doit en informer les arbitres, avant l'enlèvement de la barre et à chaque essai. Si c'est nécessaire, la barre sera marquée en conséquence. La prise de mains inversée (mains en supination) est interdite.

7- Après avoir, avec ou sans l'aide des suiveurs chargeurs, enlevé la barre des supports, le concurrent attendra, coudes verrouillés, le signal de l'arbitre Chef de plateau, signal qui sera donné aussitôt que le concurrent sera immobile, et la barre correctement positionnée. Pour des raisons de sécurité, le compétiteur sera invité à "replacer" la barre, ordre verbal donné par le Chef de plateau, accompagné d'un mouvement du bras vers l'arrière, si après une période de 5 secondes, il n'est pas dans la position correcte pour commencer le mouvement.

8- Le signal de départ sera l'ordre verbal audible: "Start" (Partez), accompagné d'un mouvement de bras vers le bas.

9- Après avoir reçu le signal, le concurrent devra descendre la barre jusqu'au contact de la poitrine, la maintenir immobile en marquant une pause réelle et visible. Immobile veut dire: arrêtée. La règle d'une seconde est recommandée, à savoir qu'au moment où la barre touche la poitrine, elle doit rester immobile pendant le temps que les arbitres comptent mentalement: UN. Le concurrent doit ensuite ramener la barre au bout des bras tendus, sans extension inégale excessive et immodérée, en verrouillant simultanément les deux coudes. Lorsque la barre sera maintenue immobile dans cette position, le signal audible "rack" sera donné, accompagné d'un mouvement du bras vers l'arrière. Si, pour des raisons anatomiques, le concurrent ne peut pas tendre complètement les bras, il devra en informer les arbitres à chacun des essais.

### **Fautes à sanctionner au DC:**

1- Non-respect des signaux de l'arbitre Chef de plateau, au début ou à la fin du mouvement.

2- Tout changement de position pendant le développé proprement dit, à savoir:

- tout soulèvement du banc des épaules ou des fessiers, ou des pieds à partir de leurs points de contact avec le plateau, les disques ou les cales.

- tout déplacement latéral des mains sur la barre. Un léger mouvement des pieds, ou un mouvement considéré comme mineur, ne sera pas sanctionné. Semelles et talons doivent rester en contact avec le plateau, les disques ou les cales.

3- Chute non maîtrisée de la barre sur la poitrine, rebond ou enfoncement de la barre sur la poitrine après le signal de départ pour faciliter la poussée.

4- Extension inégale des bras prononcée ou exagérée pendant la montée de la barre.

5- Toute redescente de la barre pendant la montée.

6- Verrouillage incomplet des coudes à la fin du mouvement.

7- Tout contact des suiveurs chargeurs avec la barre entre les signaux de l'arbitre Chef de plateau afin de faciliter le mouvement.

8- Contact des pieds avec le banc ou ses supports.

9- Ne pas se conformer à l'un quelconque des points du règlement de l'épreuve qui précèdent la liste des fautes à sanctionner.

**Annexes 3 :** Material examination, Site de l'IPF (International powerlifting federation) [en ligne], [www.powerlifting-ipf.com](http://www.powerlifting-ipf.com)



## Report 53473 Test Report

### Applicant

International Powerlifting Federation  
Krottenbachstrasse 16  
1190 Wien  
ÖSTERREICH

### Reference

Mr. Wallauch

### Application

Determination of thickness and weight per unit area, and test of tensile stress-strain properties. Furthermore, verification of compliance of product with the "Technical Rules book of the International Powerlifting Federation".

### Test Material

Powerlifting costumes

Material used in testing was anonymized for laboratory purposes. A detailed sample list is contained in the report.

### Issuing and Signatures

Number of pages contained: 9

Original Issue / Vienna 2006-10-31 / VB /KK20004115

Unsigned Digital Duplicate 2006-11-02

Authorised for test laboratory,  
Ing. Judith Pointner

.....

Authorised for technical group, authorised to sign,  
Ing. Peter Trappl

.....

Director,  
Dipl.-Ing. Dr. Erich Zippel

.....







## Contents

1	Order.....	3
1.1	Chronology.....	3
1.2	Samples.....	3
2	Findings / Tests performed.....	4
2.1	Determination of thickness of textiles and textile products.....	4
2.2	Determination of mass per unit area using small-sized specimens – standard atmosphere.....	5
2.3	Determination of maximum force – Grab methode.....	6
2.4	Stress-Strain Diagrams EN ISO 13934 Part 2.....	7
2.5	Verification of compliance of product with the "Technical Rules book of the International Powerlifting Federation".....	9
3	Evaluation.....	9
4	Remarks.....	9



# 1 Order

## 1.1 Chronology

<i>Date</i>	<i>Received</i>	<i>Order</i>
2006-10-04	2006-10-04	Determination of thickness and weight per unit area, and test of tensile stress-strain properties. Furthermore, verification of compliance of product with the "Technical Rules book of the International Powerlifting Federation".

## 1.2 Samples

<i>No.</i>	<i>Received</i>	<i>Sample Identification</i>	<i>Sample Material</i>
1	2006-10-04 (1)	"TRIKOT "Blast Shirt" Fa. Inzer"	Trikot, 1 piece.
2	2006-10-04 (1)	"TRIKOT "HPPHD" Fa. Inzer"	Trikot, 1 piece.
3	2006-10-04 (1)	"TRIKOT "EHPHD" Fa. Inzer"	Trikot, 1 piece.
4	2006-10-04 (1)	"TRIKOT "RAGE" Fa. Inzer"	Trikot, 1 piece.
5	2006-10-04 (1)	"TRIKOT "RAGE X" Fa. Inzer"	Trikot, 1 piece.
6	2006-10-04 (1)	"TRIKOT "phenom" 48 Fa. Inzer"	Trikot, 1 piece.
7	2006-10-04 (1)	"TRIKOT "phenom" 56 Fa. Inzer"	Trikot, 1 piece.
8	2006-10-04 (1)	"TRIKOT "MURPHY" Fa. Murphy"	Trikot, 1 piece.
9	2006-10-04 (1)	"NXG" Fa. Titan	textile fabric, approx.1,5 running meter
10	2006-10-04 (1)	"NXG Plus" Fa. Titan	textile fabric, approx.1,5 running meter
11	2006-10-04 (1)	"NXG Super Plus" Fa. Titan	textile fabric, approx.1,5 running meter
12	2006-10-04 (1)	"Metal original" Fa. Metal	textile fabric, approx.1,5 running meter
13	2006-10-04 (1)	"Metal viking" Fa. Metal	textile fabric, approx.1,5 running meter
14	2006-10-04 (1)	"TRIKOT "F6"" Fa. Titan	Trikot, 1 piece.
15	2006-10-04 (1)	"TRIKOT "The Fury"" Fa. Titan	Trikot, 1 piece.
16	2006-10-04 (1)	"TRIKOT "KATANA"" Fa. Titan	Trikot, 1 piece.
17	2006-10-13 (1)	"TRIKOT "CRAIN'S Bench Shirt"" Fa. Crain	Trikot, 1 piece.

(1) Samples provided by the customer. (2) Sample drawn by ÖTI.



## 2 Findings / Tests performed

### 2.1 Determination of thickness of textiles and textile products

#### Test Conditions

Standard: DIN EN ISO 5084

Testing atmosphere:  $20 \pm 2$  °C/ $65 \pm 2$  % relative humidity

Number of tests: 5

Test area: 2500 mm<sup>2</sup>

Measuring pressure: 1 kPa

#### Test Results

tested sample:	Thickness		
	Mean value [mm]	Coefficient of variation [%]	Confidence interval (95%) [mm]
1	1,17	0,6	± 0,01
2	0,79	1,3	± 0,01
3	0,90	1,1	± 0,01
4	0,85	0,9	± 0,01
5	0,90	1,2	± 0,01
6	1,28	1,9	± 0,03
7	1,30	0,5	± 0,01
8	0,76	1,2	± 0,01
9	0,70	0,8	± 0,01
10	0,89	0,6	± 0,01
11	0,97	1,2	± 0,01
12	1,01	0,6	± 0,01
13	0,88	0,3	± 0,00
14	0,88	0,9	± 0,01
15	0,84	1,4	± 0,01
16	1,01	2,9	± 0,04
17	1,31	1,0	± 0,02



## 2.2 Determination of mass per unit area using small-sized specimens – standard atmosphere

### Test Conditions

Standard: EN 12127

Testing atmosphere:  $20 \pm 2$  °C/ $65 \pm 2$  % relative humidity

Pre-treatment: none

Number of Specimens: sample 8: 1; all other samples: each 2

Deviation from standard: The test was carried out with a reduced number of samples due to insufficient sample material.

### Test Results

tested sample:	Mass per unit area				
	Mean value [g/m <sup>2</sup> ]	Coefficient of variation [%]	Confidence interval (95%) [mm]	Minimum value [g/m <sup>2</sup> ]	Maximum value [g/m <sup>2</sup> ]
1	259,7	0,3	1,0	259,1	260,2
2	277,0	0,6	1,9	275,9	278,1
3	291,6	0,6	2,1	290,4	292,8
4	377,9	0,2	1,1	377,3	378,5
5	405,0	0,9	4,7	402,3	407,7
6	552,8	0,3	1,8	551,7	553,8
7	576,1	0,2	1,7	575,1	577,0
8	282,5	---	---	---	---
9	294,2	0,2	0,7	293,8	294,6
10	385,9	0,1	0,4	385,7	386,1
11	474,0	0,0	0,2	473,9	474,1
12	342,0	0,2	0,9	341,5	342,5
13	333,1	0,4	1,6	332,2	334,0
14	398,4	0,2	1,2	397,7	399,1
15	393,6	1,0	4,8	390,8	396,3
16	487,0	0,3	2,1	485,8	488,2
17	601,2	0,9	6,4	597,5	604,8



## 2.3 Determination of maximum force – Grab methode

### Test Conditions

Standard: EN ISO 13934 Teil 2

Condition of specimens: conditioned (20 °C/65 % relative humidity)

Nominal gauge length: 100 mm

Rate of extension: 30 mm/min

Number of specimens: each 1 in longitudinal- and 1 in cross-direction

Deviation from standard: As ordered, each specimen was subjected to both a lengthwise and a crosswise test.

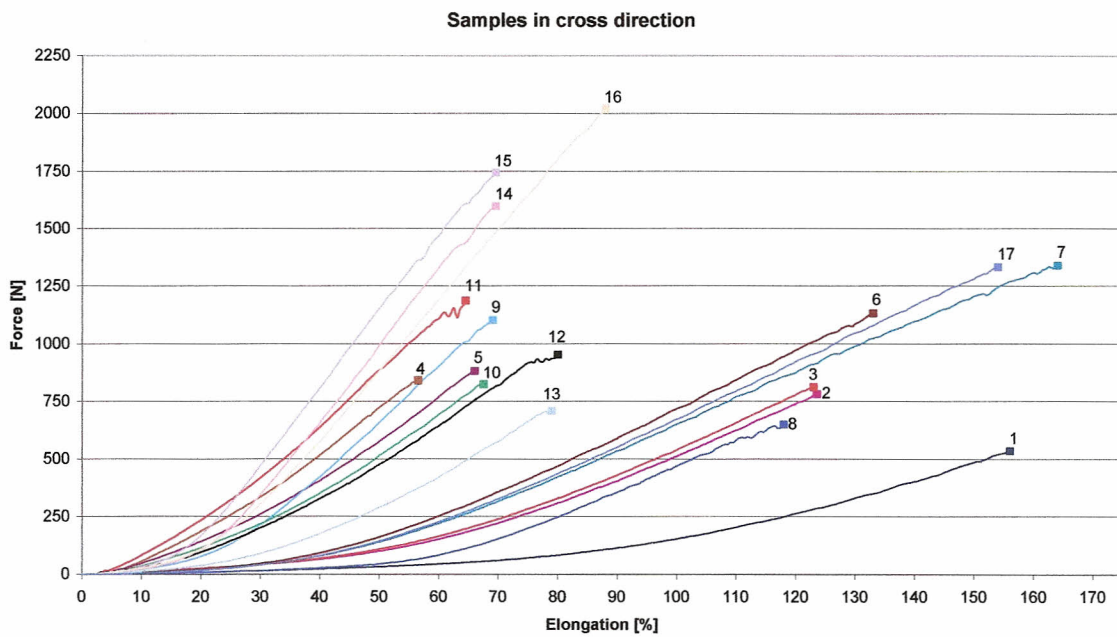
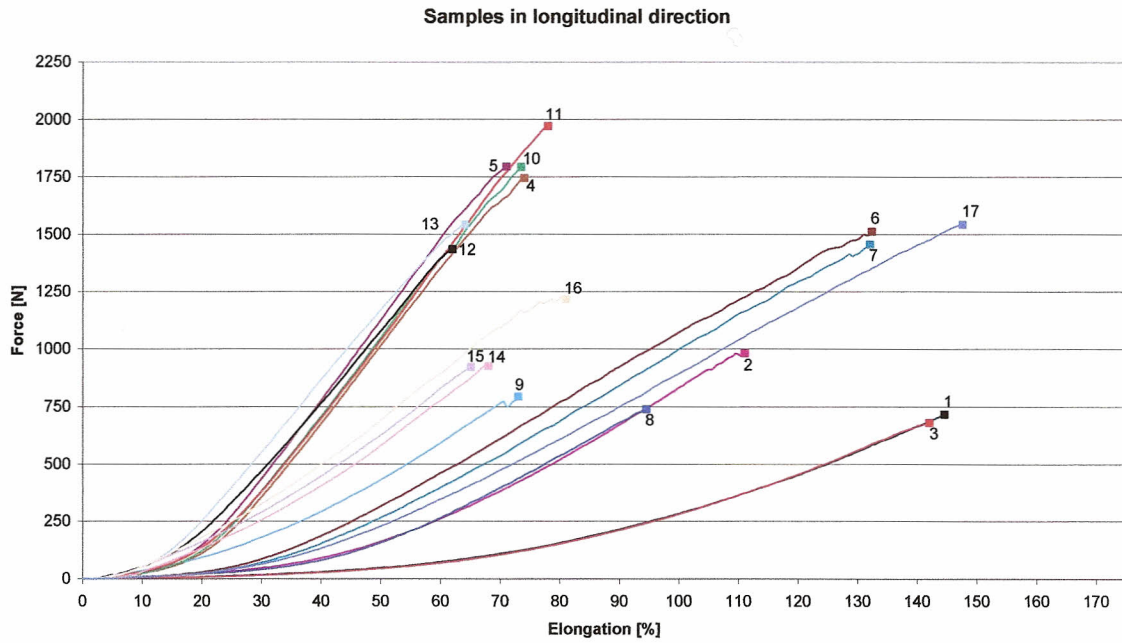
### Test results

tested sample:	Maximum force [N]	
	Longitudinal direction	Cross direction
1	716,7	534,8
2	981,9	781,9
3	680,6	815,0
4	1745,2	966,7
5	1795,5	982,9
6	1512,1	1132,2
7	1457,0	1339,9
8	738,7	650,4
9	794,7	1102,3
10	1793,5	937,7
11	1971,4	1187,6
12	1434,9	952,7
13	1542,1	709,4
14	963,2	1597,5
15	1068,0	1744,3
16	1438,8	2022,3
17	1541,9	1332,6



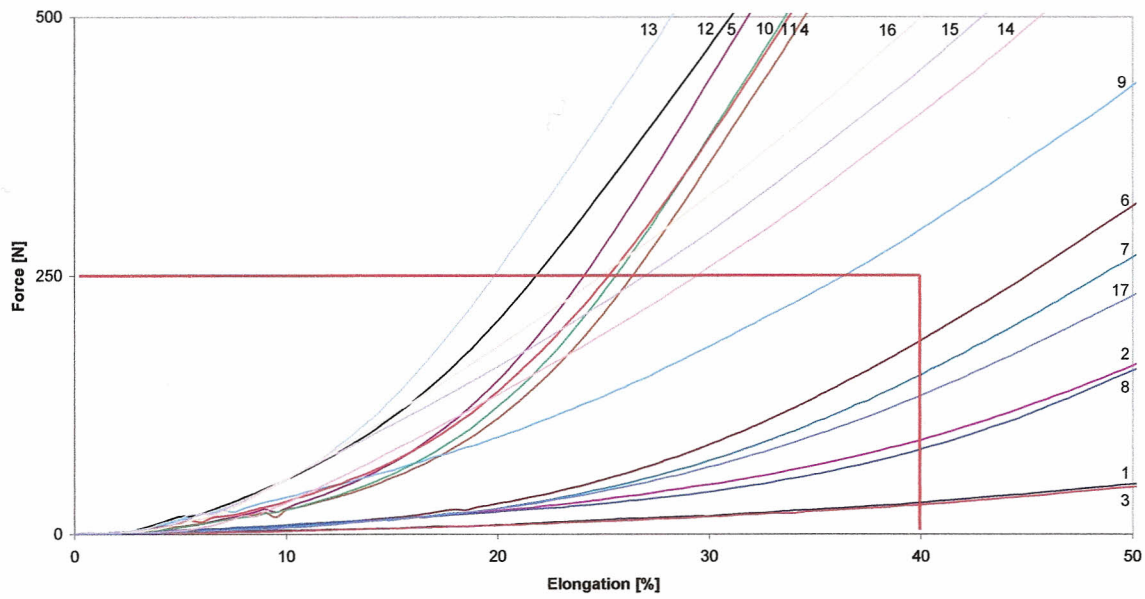


## 2.4 Stress-Strain Diagrams EN ISO 13934 Part 2

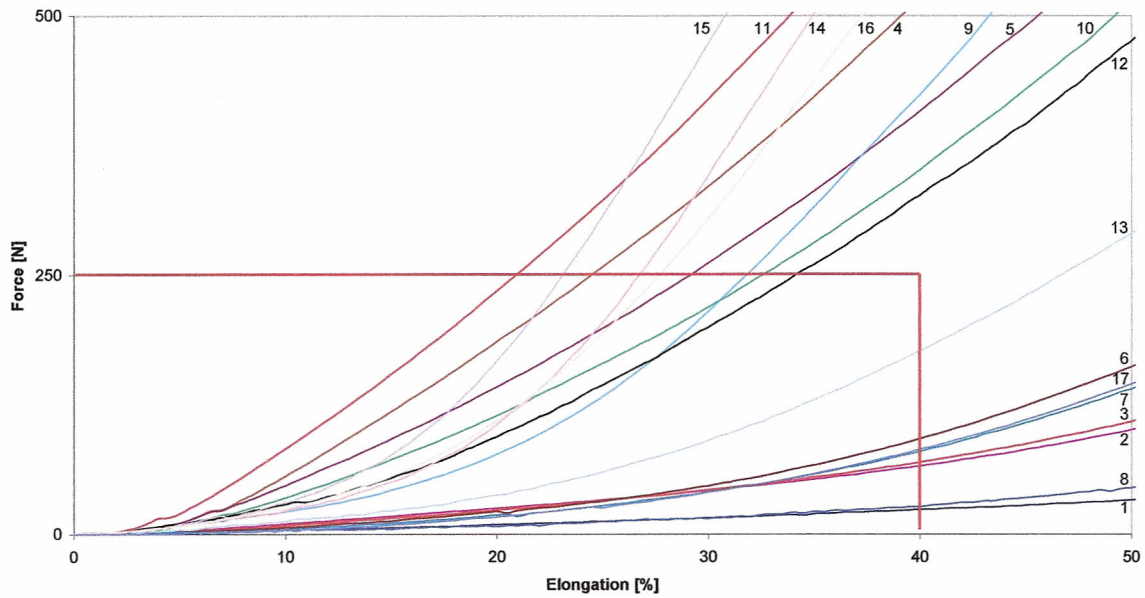




Samples in longitudinal direction



Samples in cross direction





## 2.5 Verification of compliance of product with the "Technical Rules book of the International Powerlifting Federation"

All submitted costumes were tested for conformity with the requirements on "T-Shirts/Supportive Shirts" and "Support Shirts" as laid out in the "Technical Rules book of the International Powerlifting Federation".

The result of the tests was that all costumes submitted conform to the above-mentioned requirements.

## 3 Evaluation

The submitted textiles are used as powerlifting gear. To ensure that the clothes do not enhance the athlete's performance excessively, the products will, in future, be required to exhibit a certain minimum elasticity.

On the basis of the tensile stress-strain tests conducted using the grab method in accordance with EN ISO 13934 Part 2, the following requirements are recommended:

- ♦ Elasticity: 40% minimum
- ♦ Force at 40% distension: 250 N

Furthermore, it is recommended that the costumes not be distended by more than 10% when worn.

## 4 Remarks

### Sample Material

Results of performed tests only refer to the sample material provided.

Without explicit written other agreement testing is destructive and the sample material is transferred to the property of ÖTI, which is entitled to freely decide on storage and disposal.

### Quality management and accreditations

All tests and services are performed under a quality management system according to EN ISO 17025.

ÖTI is accredited by several organisations for various tests offered. It also is a Notified Body with the registration number 0534. The accreditation by the Federal Ministry as testing laboratory was repeated under reference 92714/0574-I/12/2005 (Individual accredited test procedures are marked with the federal laboratory logo), the accreditation for testing and surveillance of building products was given by the OIB (Österreichisches Institut für Bautechnik). Details and other accreditations are given on request and can be found on [www.oeti.at](http://www.oeti.at).

### Issuance

The valid first issue is done in paper and has single-handed signatures. For reference purposes and filing an unsigned electronic duplicate can be delivered in pdf format. Duplicates and translations will be marked accordingly on the cover sheet.

### Copyright und Usage Notes

It is pointed out, that any alterations, amendments or falsifications of reports not authorized by the issuer of the report will be prosecuted as civil and criminal offences; this especially to the appropriate requirements of ABGB, UrhG, UWG and criminal law and their respective international equivalents.

Reports are protected under international copyright laws. Written consent of the ÖTI is required for publications (also in excerpt) and reference to tests for public relation purposes. Reports may only be reproduced in full length.