

LA DETENTE et LA PLIOMETRIE

Gilles Cometti,

Centre d'Expertise de la performance,
UFR STAPS Dijon.

On sait depuis Zatsiorski (1966) qu'un athlète qui pousse en position de squat (fig. 1 a) sur une barre fixe produit une force donnée appelée *force maximale isométrique*.

Le même athlète lors d'un saut en contrebas (encore appelé exercice de pliométrie) (fig. 1 b) va pouvoir développer une force supérieure d'une fois et demi voire 2 fois sa force maximale isométrique.

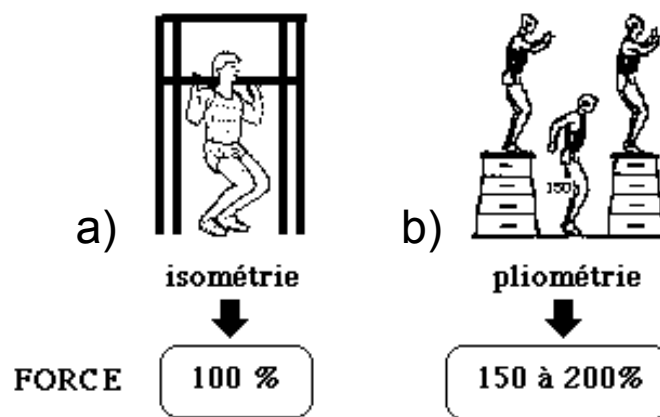


figure 1 : le gain de force du à l'étirement musculaire.

On peut le constater sur la démonstration suivante de Bosco.

Bosco construit la courbe de la relation force-vitesse en prenant l'exemple d'un athlète à qui il demande d'exécuter des squat jumps (saut avec départ genou fléchi à 90° et effectuer sans étirement musculaire, voir article sur les tests) dans des conditions différentes : avec poids de corps seul, puis avec une charge progressivement croissante jusqu'à l'isométrie. La figure 2 montre les résultats : en abscisse on note la vitesse de l'articulation du genou (en radian par seconde) et en ordonnée on enregistre la force sur plate-forme de force pour chacun des essais.

Si on demande à l'athlète d'effectuer un saut en contrebas (drop jump=DJ) on enregistre une force nettement supérieure pour une vitesse du genou également très supérieure. D'où la position du drop jump (DJ) sur la courbe. Bosco par un calcul théorique indique la position de l'impulsion du saut en hauteur (HJ) du saut en longueur (LJ) et de la course (R).

Cette efficacité ne s'explique que grâce à l'utilisation du "cycle étirement-raccourcissement".

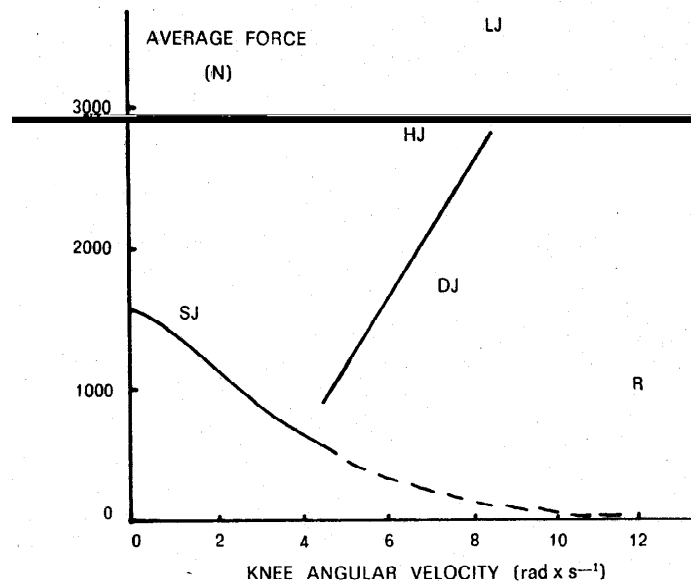


figure 2 : relation force-vitesse construite à partir de l'exécution de différents squat jumps sur plate forme de force. En abscisse la vitesse angulaire du genou, en ordonnée la force en Newton(N) (10 N = 1kg) mesurée sur plate forme. La courbe représente donc le squat jump avec différentes charges. (SJ). DJ = drop jump, HJ = saut en hauteur, LJ = saut en longueur , R = course (d'après Bosco 1985)

Qu'est ce qui explique ce gain de force ?

On formule aujourd'hui deux types d'explications.

- l'intervention du réflexe myotatique
- le rôle joué par l'élasticité musculaire

Etymologie :

Selon Wilt le mot PLIOMETRIE vient du grec "plethyein" qui signifie augmenter et du mot "isométrique" qui signifie de même longueur.

Plyométrie ou pliométrie ?

Les Américains l'écrivent avec un "y", l'école italienne de loin la plus reconnue l'écrit avec un "i", nous avons personnellement tranché sans hésiter pour la 2e solution.

Définition :

On parle d'une action musculaire pliométrique lorsque un muscle qui se trouve dans un état de tension est d'abord soumis à un allongement (on parle d'une phase excentrique) et qu' ensuite il se contracte en se raccourcissant (on parle alors de phase concentrique). Il y a mise en jeu de ce que les physiologistes appelle "the stretch-shortening cycle". (le cycle étirement-raccourcissement)

Illustrations :

Les actions les plus courantes sont la plupart du temps pliométriques :

- dans la course la foulée comporte une phase d'amortissement (excentrique) et une phase de renvoi (concentrique)
- les foulées bondissantes et tous les bondissements sont également régis par les mêmes principes avec des tensions musculaires supérieures.

Le haut du corps :

- certaines écoles (c'était le cas de l'école italienne) assimilait la pliométrie aux situations d'hypergravité (sauts en contrebass) ce qui ne laissait aucune possibilité pour une pliométrie du haut du corps. En fait d'après la définition physiologique de l'action musculaire pliométrique, le principe s'applique évidemment aux muscles des bras :
 - l'exemple type réside dans le lancer de médecine-ball en touche de football
 - le lancer de balle et de javelot
 - le tir de handball
 - le smash de volley...

En fait il est souvent très difficile de trouver des actions qui ne soient pas du tout pliométriques. La pliométrie a simplement consisté à répertorier et à systématiser des exercices où cet enchainement d'actions (allongement-raccourcissement) était prépondérant dans l'exécution.

Examinons les 2 paramètres : l'intervention du réflexe myotatique et l'élasticité.

1) Le reflexe myotatique :

Quand un muscle est étiré il se contracte par réaction de défense : il s'agit du reflexe myotatique

Il a également été mis en évidence par Schmidbleicher (1985a)(fig 3) sur un saut en contrebass

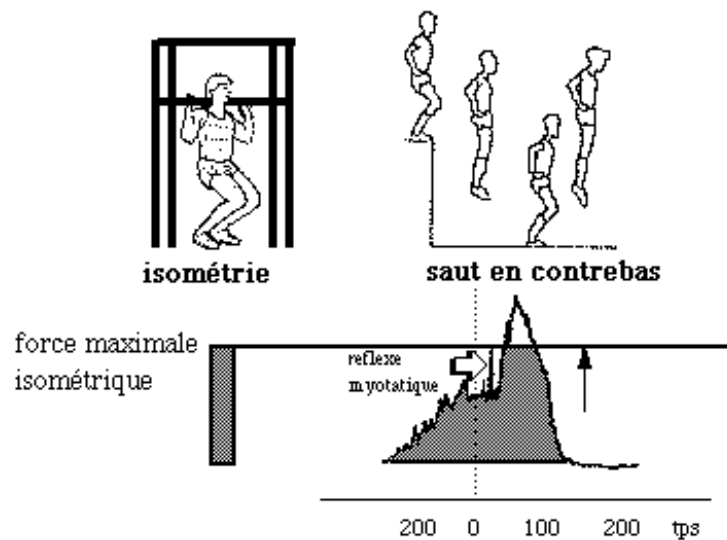


figure 3 : l'activité électrique du triceps lors d'un saut en contrebass de 1,10m et sur un effort maximal isométrique. (corrigé d'après Schmidbleicher, 1985)

Le tracé représente l'activité électrique du muscle (la sollicitation nerveuse du muscle) au cours d'un saut en contrebas. En parallèle on représente la sollicitation musculaire obtenue par le même athlète lors d'une Contraction Maximale isométrique. L'axe des abscisses représente le temps en millisecondes. Les tirets verticaux indiquent le moment du contact de l'athlète avec le sol. On constate :

- Un dépassement de la force maximale isométrique,
- une participation du reflexe myotatique (montré par la flèche).

2.) L'élasticité musculaire :

Elle est illustrée par le schéma de Hill amélioré par Shorten.(1987)(fig 4)

On constate sur la figure une partie contractile (le muscle) et deux composantes élastiques :

- une composante en "parallèle" représentée par les membranes et les enveloppes des muscles : elle n'intervient pas dans l'efficacité de l'action musculaire.
- une composante en "série".

On sait aujourd'hui que seule l'élasticité série (E.S.) est efficace dans les mouvements sportifs. On distingue dans cette E.S. deux fractions :

- une fraction passive qui se trouve dans les tendons
- une fraction active qui se trouve dans la partie contractile et même plus précisément dans les ponts d'actine-myosine. La figure 5 montre un pont d'actine-myosine avec la représentation d'un ressort dans la queue de myosine (d'après Huxley 1974)

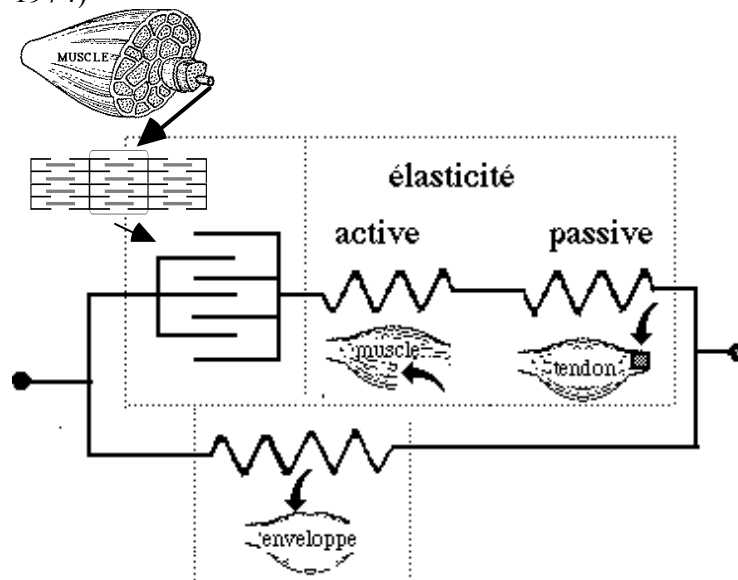


figure 4 : le schéma de Hill (modifié par Shorten et complété, 1987).

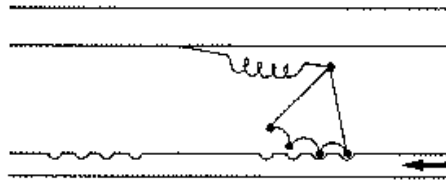


figure 5 : représentation des ponts d'actine-myosine (d'après Huxley 1974).

Rapport entre réflexe myotatique et élasticité série :

Bosco (1972) a effectué une estimation de la contribution de l'élasticité et du réflexe myotatique. Il analyse le gain consécutif à un contremouvement jump (voir description de ces tests dans l'article sur la pliométrie en athlétisme) comparé à un squat jump. Il évalue la part relative de l'élasticité à 70% et celle relative au réflexe myotatique à 30%. (fig.6)

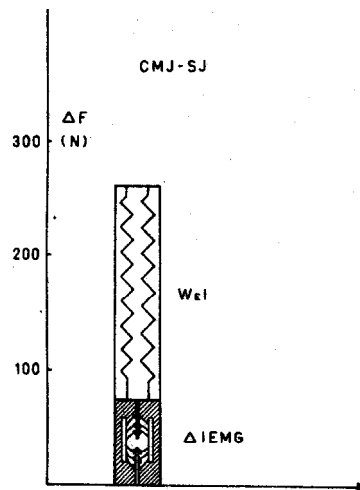


figure 6 : participation relative du réflexe myotatique et de l'élasticité musculaire, estimée à partir de la différence entre contremouvement jump et squat jump (d'après Bosco 1982).

L'influence du travail de pliométrie sur la physiologie du muscle :

Le travail de pliométrie va permettre :

- de développer des forces supérieures à la force maximale volontaire (1 fois et demi voire 2 fois la force maximale volontaire)
- de diminuer les inhibitions sur le réflexe myotatique. (Schmidbleicher, 1988)
- d'élever le seuil des récepteurs de Golgi.(Bosco 1985)
- d'améliorer la sensibilité du fuseau neuromusculaire.(Pousson 1988)
- de diminuer le temps de couplage (Bosco 1985)
- d'augmenter la raideur musculaire. (Pousson 1988)

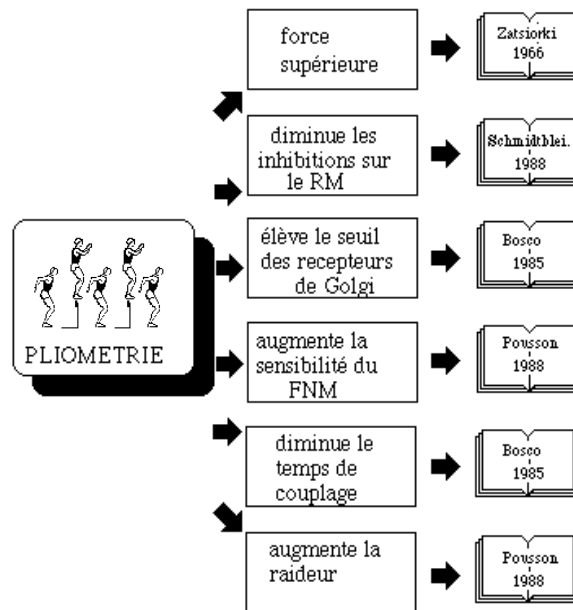


figure 7 : Les conséquences pratiques du travail de pliométrie

Quelques expériences :

L'entraînement de pliométrie a donné lieu à de nombreuses expériences, c'est Bosco qui a été en Italie et en Finlande le précurseur de la recherche sur la pliométrie.

Les tests :

Bosco a mis au point un tapis de contact qu'il a appelé "ergojump" qui permet d'effectuer de façon rapide des tests de détente (ces tests seront décrits plus loin)

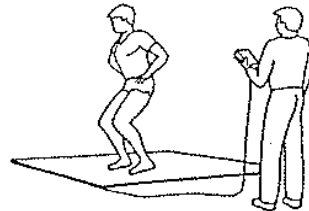


figure 8 : l'ergojump de Bosco

La variation de l'angle de travail :

Bosco et Pitterra (1982) ont effectué sur l'équipe d'Italie de Volley-ball une expérience intéressante sur l'entraînement en pliométrie.

L'équipe nationale universitaire servait de groupe témoin. Le travail effectué pendant ces 2 mois a été le même pour les 2 groupes : l'équipe nationale italienne ajoutant 2 fois par semaine un travail de saut en contrebas en arrivant au sol avec une position de flexion à 90°. (figure 9)



figure 9 : exercice effectué par le groupe expérimental.

Le tableau 10 donne les résultats de cette expérience.

	AGE (yrs)	HEIGHT (cm)	WEIGHT (kg)	MAY 1981		8 WEEKS AFTER	
				SJ (cm)	CMJ (cm)	SJ (cm)	CMJ (cm)
<i>Italian Volleyball</i>	24.5	194.5	87.1	37.7	46.4	49.2	55.8
<i>National Team (n=14)</i>	2.2	4.6	4.7	4.7	5.3	4.3	5.4
<i>Italian Volleyball</i>	21.6	192.5	84.7	41.8	50.2	38.5	47.6
<i>Student Team (n = 11)</i>	1.3	4.8	3.9	5.1	5.6	4.7	5.4

figure 10 : Expérimentation de Bosco et Pittera sur les volleyeurs de l'équipe nationale

On constate des gains spectaculaires en détente en Squat Jump et en CounterMouvement Jump. (de l'ordre de 10 cm)

La surcharge idéale :

On teste les sujets a vide en SJ et CMJ , on calcule la différence. Il n'est pas rare chez certains athlètes d'avoir une différence dérisoire. Si on recommence les 2 tests avec 5 kg de charge sur les épaules (ou avec un gilet lesté) on constate souvent une augmentation de la différence signe d'une meilleure utilisation de l'élasticité. On recommence avec 10 kg puis 15, 20 etc... jusqu'a ce que la différence diminue. On peut donc ainsi déterminer pour chaque athlète la surcharge idéale. Bosco constate que cette surcharge varie en fonction des spécialités et qu'elle est en général supérieure aux données de la littérature qui la fixait à 5 à 10 % du poids de corps. Bosco obtient en fait des valeurs proches de 15 % pour les volleyeurs de l'équipe d'Italie et 20 à 25 % pour les sauteurs en hauteur.

Load (kg)	0	10	29.6	20
CMJ (cm)	45.4	36.2	33.8	30.1
SJ (cm)	42.0	31.0	16	27.9
h (CMJ-SJ) * (cm)	3.4	5.1	4.2	2.2

figure 11 : l'évolution de la différence CMJ-SJ pour un athlète donné. (70 kg) (Bosco 1985)

L'entrainement en "hypergravité" :

Il s'agit d'une expérience de Bosco et Coll. de 1984. 35 athlètes ont été divisés en 2 groupes : un groupe témoin et un groupe expérimental. Les 2 groupes subissaient le même entrainement athlétique, le groupe expérimental était soumis à une situation "d'hypergravité", c'est-à-dire qu'il portait un habit lesté (la charge étant répartie harmonieusement sur tout le corps) représentant 13% du poids de corps. L'expérience a duré 21 jours, l'habit lesté étant porté toute la journée (y compris lors des entrainements) et retiré pour dormir. La figure 12 montre les résultats des 2 groupes aux tests de puissance (rebond sur le tapis pendant 15 secondes) et de la meilleure hauteur de chute en drop jump. On constate une amélioration significative du groupe qui a vécu et s'est entraîné dans des conditions d'hypergravité.

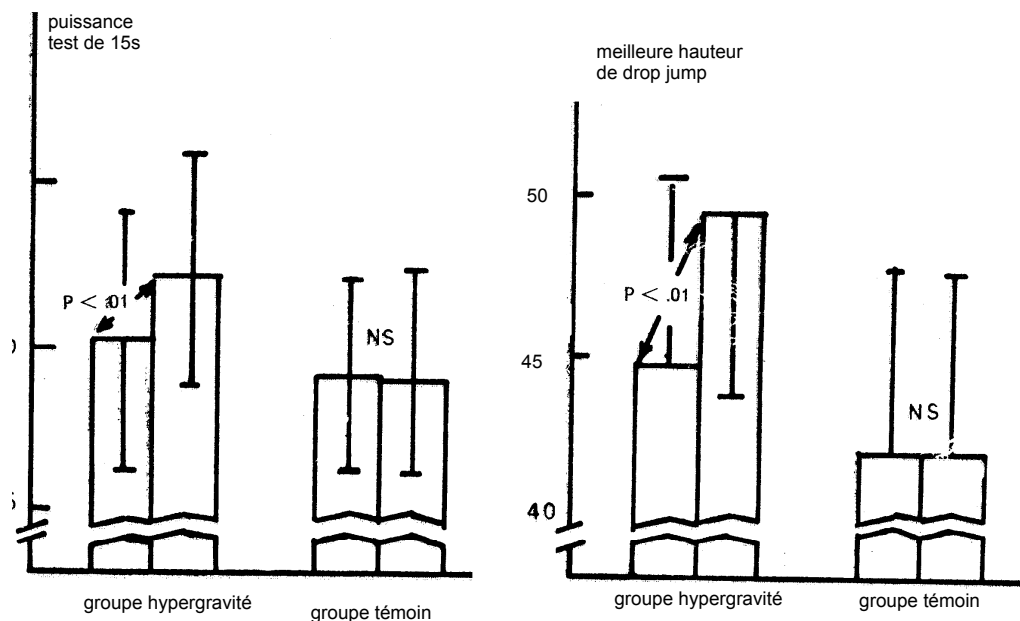


figure 12 : résultats des 2 groupes lors de l'expérience d'hypergravité (d'après Bosco 1984)

Nous voyons donc dans cet exemple l'aspect futuriste que va prendre l'entrainement à la pliométrie dans les années à venir.

Pour en savoir plus :

- Bosco C. (1985) L'effetto del pre-stiramento sul comportamento del muscolo scheletrico e considerazioni fisiologiche sulla forza esplosiva. In *Atleticastudi* jan-fev . 7-117 traduction Insep n° 644.
- Duchateau J. Contribution à l'étude des mécanismes physiologiques des effets de l'entraînement sur la contraction musculaire. Thèse de doctorat en éducation physique. Université libre de Bruxelles, 210 p
- Cometti, G. (1987) La pliométrie, ed : Université de Bourgogne.
- Cometti, G. (1988) Les méthodes modernes de musculation, compte rendu du colloque de novembre 1988 à l'UFR STAPS de Dijon, ed : Université de Bourgogne. Tome 1 données théoriques.
- Cometti G. (1988) Les méthodes modernes de musculation, compte rendu du colloque de novembre 1988 à l'UFR STAPS de Dijon, ed : Université de Bourgogne. Tome 2 données pratiques.
- Cometti, G. (1993) Football et musculation, ed : Actio, Joinville-le-Pont
- Cometti, G. (1990) les méthodes de musculation : cassette VHS (45 mn)
- Cometti, G. (1996) les bondissements dans la théorie Piron : cassette VHS (45 mn)
- Cometti, G. (1996) musculation et sports collectifs : cassette VHS (45 mn)
- Gambetta V. (1987) Les principes de l'entraînement pliométrique, In traduction Insep n° 579. (edited by Insep)
- Goubel F. Van Hoecke J. (1982) Biomécanique et geste sportif, In *Cinésiologie* XXI, 41-51.
- Lundin P. (1985) Revue de l'entraînement pliométrique, In traduction Insep n° 558. (edited by Insep)
- Schmidtbleicher D. (1985) L'entraînement de force; 1ere partie: classification des méthodes. *Sciences du sport*, août 1985.
- Viitassalo L.T. Bosco C. (1982) Electromechanical behaviour of human muscles in vertical jump, In *European Journal of Applied physiology*, 48, 253.
- Zanon S. (1974) Plyometrie für die Sprünge, die Lehre der Leichtathletik, april, 16, 549-552.