

# LANCER DU POIDS 2 : LA BIOMECHANIQUE

Nous avons repris ici et traduit en Français une partie de l'ouvrage réalisé par Ulrich JONATH - Rolf KREMPEL Eduard HAAG - Harald MÜLLER "Leichtathletik 3" et qui sert actuellement d'ouvrage de référence pour les cours de formation d'entraîneur 2<sup>e</sup> degré de l'IAAF

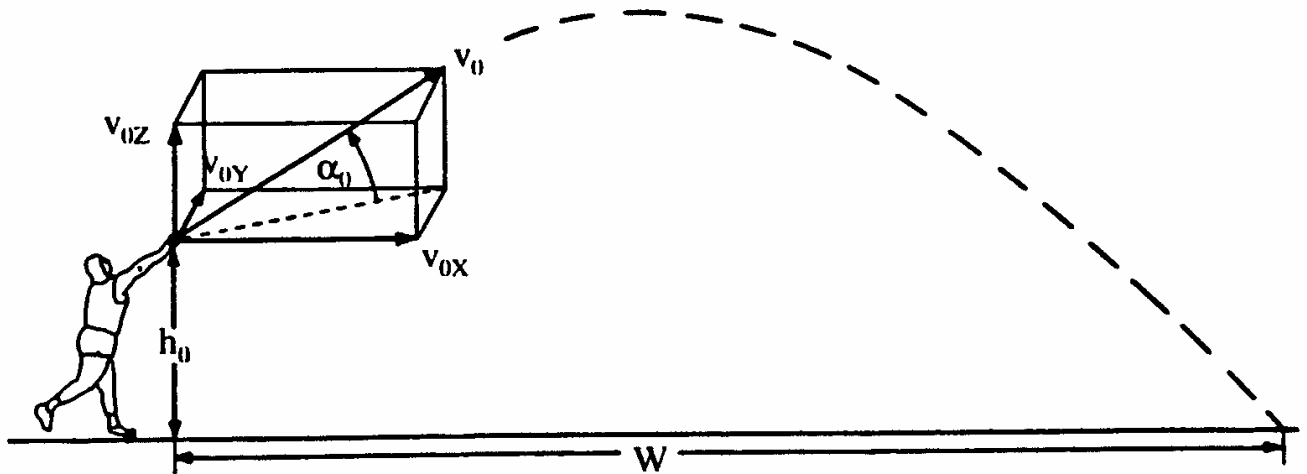
Didier POPPE

## 1. ASPECTS BIOMECHANIQUES

### 1.1 Biomécanique de la technique en translation

La distance d'un lancer peut être maximisée en optimisant les différents paramètres qui influent positivement ou négativement la trajectoire parcourue par le poids.

Du point de vue biomécanique, le lancer de poids répond à l'équation ci dessous qui permet de calculer la distance atteinte.



#### Termes :

$v_{0z}$  = Vitesse verticale au moment du lâcher

$v_{0x}$  = Vitesse horizontale au moment du lâcher (en direction du lancer)

$v_{0y}$  = Vitesse horizontale au moment du lâcher (à angle droit de la direction de lancer)

Figure 9 :  $W$  = Distance réalisée,  $v_0$  = Vitesse de projection,  $\alpha_0$  = Angle d'envol et  $h_0$  = Hauteur au moment de l'envol (Ballreich/Kuhlow 1986)

La distance atteinte dans un lancer varie avec le carré de la vitesse d'éjection et dépend de la hauteur au moment de l'envol. Les facteurs suivants peuvent être influencés par l'athlète et affectent la distance obtenue dans l'ordre d'importance ci dessous :

- Vitesse d'envol  $v_0$
- Angle d'envol  $\alpha_0$
- Hauteur d'envol  $h_0$

A la différence du disque ou du javelot, les facteurs aérodynamiques propres à l'engin et les facteurs propres aux conditions atmosphériques ne jouent pas un rôle significatif et peuvent être négligés.

Afin de voir plus en détail les conditions exigées pour l'optimisation de ces facteurs, il est nécessaire avant tout de faire la relation entre les mouvements décrits dans la technique de lancer et les phases biomécaniques correspondantes du lancer de poids.

Phase technique	Séquence de lancer	Phases du lancer de poids
Mouvement initial	Séquence de départ	Phase préparatoire Phase d'accélération initiale
Sursaut	Préparation de la finale	Phase de sursaut/rotation

Position de Force Finale	Séquence finale	Phase de transition Finale en double appui Finale sur un appui Finale en suspension Phase de freinage
Reprise d'équilibre		

De nombreuses recherches sur les effets et les corrélations des différents paramètres individuels de la performance ont conduit aux constatations suivantes (Dessins modifiés d'après TUTJOWITSCH 1978 , LOETZ 1982 et BALLREICH/KUHLOW 1986)

### Hauteur d'envol

- La hauteur d'envol a l'effet le plus faible sur la longueur du jet. Elle dépend principalement de la taille du lanceur et de ce fait ne peut faire l'objet d'un entraînement particulier. Une mauvaise technique peut cependant réduire la hauteur d'envol (par ex , extension incomplète des jambes pendant la finale)
- Une augmentation de la hauteur d'envol de 1cm augmente également la longueur du jet d'1 cm
- Une réduction de la hauteur d'envol de 2,20m à 2,10m ( dans un lancer où  $V_0 = 12-14\text{m/sec}$  et  $\alpha = 41^\circ$ ) réduit la longueur du jet d'environ 9cm
- Une augmentation de la hauteur d'envol de 2,20m à 2,30m (dans un jet où la vitesse d'envol est de 10-14m/sec et l'angle =  $41^\circ$ ) augmente la longueur du jet de 17cm.

### Angle d'envol

- L'angle optimal d'envol est d'environ  $41$  à  $42^\circ$ . A partir de  $35^\circ$  , l'augmentation de distance du jet est relativement faible.
- Une réduction de  $5^\circ$  de l'angle d'envol (Par ex de  $41$  à  $36^\circ$ ) engendre une perte relativement faible de distance de 18cm dans un jet de 17m .Pour un lancer de 22m , la perte augmente jusqu'à 30cm
- Si le poids est lancé avec un angle d'envol trop bas (Diminué de  $10^\circ$  jusqu'à  $31^\circ$ ) la distance perdue est de 70cm (pour un jet de 17m) et de 1,20m (pour un jet de 22m)

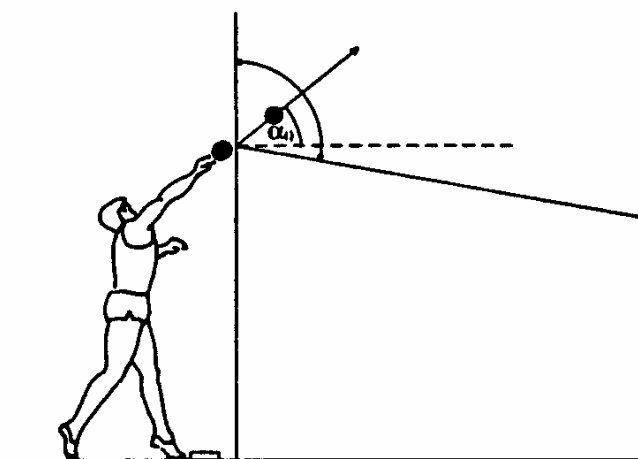
En allant vers des angles d'envol proches de  $41^\circ$  , une augmentation d'angle de  $2^\circ$  pourra entraîner un gain de distance jusqu'à 37cm (en passant de  $32$  à  $34^\circ$ ) mais cette augmentation diminue en se rapprochant de l'angle optimal et elle ne sera plus que de 7cm en passant de  $39$  à  $41^\circ$ .

L'angle d'envol optimum change en relation avec les caractéristique du lanceur. La table suivante donne "l'angle d'envol optimal" pour différentes distances à une hauteur d'envol constante de 2,13m.

Tableau 1 : Angle d'envol optimal suivant le distance  
(D'après ECKER 1976)

Distance en mètres	Angle d'envol optimal
7,60	$37^\circ 10$
9,12	$38^\circ 25$
10,64	$39^\circ 20$
12,16	$40^\circ 00$
13,68	$40^\circ 35$
15,20	$41^\circ$
16,72	$41^\circ 25$
18,24	$41^\circ 40$
19,76	$41^\circ 55$
21,28	$42^\circ 10$
22,80	$42^\circ 20$

Figure 10 : Calcul de l'angle d'envol optimal (D'après LOETZ 1982)



La figure 10 montre comment calculer de manière empirique "l'angle d'envol optimal" pendant l'entraînement :  
Faire la bissectrice de l'angle formé par la ligne verticale partant de la main du lanceur au moment du lâcher de l'engin et une ligne droite allant au point où le poids atterrit. La différence entre cette bissectrice et l'horizontale sera l'angle d'envol  $\alpha_0$ .

## Vitesse d'envol

- La vitesse à laquelle le poids quitte la main du lanceur a l'effet le plus important sur la longueur du jet.
- Une augmentation de vitesse de l'ordre de seulement 0,1m/sec entraînera une augmentation de distance de 25 à 30cm dans des jets compris entre 17 et 22m si les angles et hauteur d'envol demeurent inchangés.
- Pour une distance de 15,50m , il faut une vitesse d'envol minimum de 11,5m/sec. Les lanceurs de classe mondiale doivent accélérer le poids jusqu'à une vitesse finale de plus de 14m/sec.

Le gain de distance obtenu en augmentant la vitesse de projection d'1m/sec ( à une hauteur d'envol de 2,10m) est montré dans le tableau suivant qui montre l'importance vitale de la vitesse d'envol dans la performance d'un lancer de poids.

Changement de la vitesse de	Augmentation de distance	Gain net
10 à 11m/sec	12,10 à 14,27m	2,17m
11 à 12m/sec	14,27 à 16,64m	2,37m
12 à 13m/sec	16,64 à 19,20m	2,56m
13 à 14m/sec	19,20 à 21,97m	2,77m

Tableau 2 : Gain de distance dépendant de la vitesse d'envol (TUTJOWIZSCH 1982)

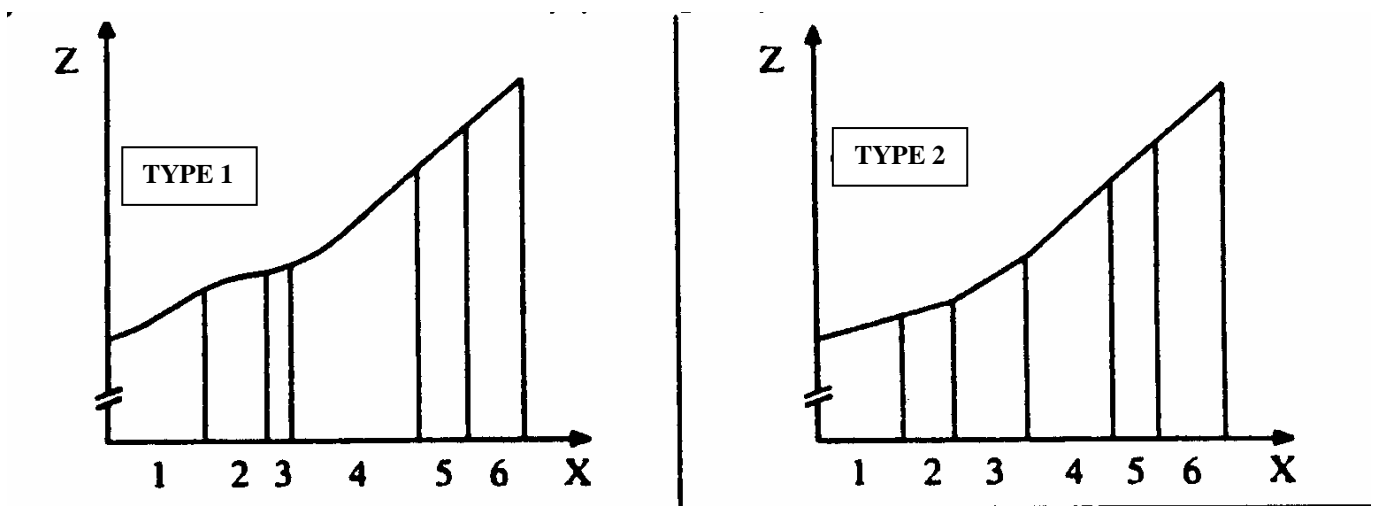
L'évolution de la technique du lancer de poids à partir du lancer sans élan par le lancer en sursaut latéral , puis la technique en translation et maintenant avec la technique en rotation est la conséquence du *besoin d'optimiser le chemin d'accélération de l'engin*.

Le chemin de lancement doit :

- Etre aussi long que les conditions le permettent (Diamètre du cercle , règles de compétition)
- Etre aussi rectiligne que possible ou suivre une courbe régulière (et non en dent de scie)
- Pouvoir permettre d'augmenter la vitesse d'envol par l'accélération de la rotation.

La réalisation de ces exigences dans la pratique d'entraînement et de compétition est rendue difficile par les règles mêmes de la compétition.

Les recherches ont montré 2 types de tracé du chemin de lancement en fonction du niveau du lanceur ( Junior et niveau national) (Voir fig.11)



### Termes :

A1 : Séquence de départ (1)

A2 : Préparation de la finale (2,3)

A3 : Séquence finale (4,5,6)

X : Direction de lancer

Z : Perpendiculaire à la direction de lancer (dans le plan vertical)

Figure 11 : Chemins de lancement caractéristiques du lancer de poids , vu de côté , forme en S (Type 1) et rectiligne (Type 2)

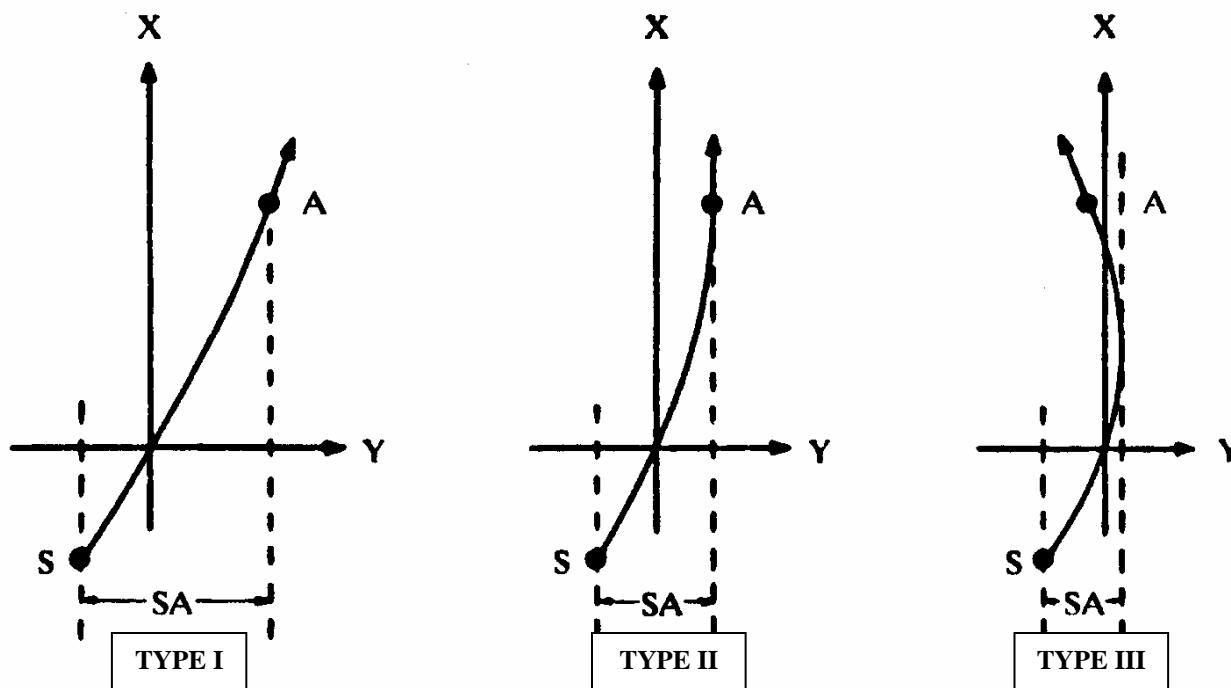
Les 2 types produisent une bonne accélération de l'engin et le chemin plus sinueux du type 1 permet de faire les observations suivantes :

- Grande vitesse horizontale de départ (Jusqu'à 2,5m/sec)
- Vitesse verticale de départ relativement faible (Environ 1m/sec)
- Relatif abaissement du centre de gravité après le sursaut

Les recherches montrent également que , en dépit des différences importante dans le niveau (Lancers entre 15 et 19m) , les chemins de lancement du poids sont en gros les mêmes pour la séquence de départ (A1) , la préparation de la finale (A2) qui se fait sur environ 1m et la séquence finale (A3) qui se fait sur environ 1,70m.

A l'intérieur de ces séquences , cependant , les jets les plus longs présentent des chemins plus longs pendant la phase de rotation et de suspension (Jusqu'à 20cm) et lors de la finale en double appui ( jusqu'à 30cm). La raison provient d'un meilleur développement de la force d'extension de la jambe et du tronc. Toutes ces mesures doivent cependant être prises comme des indicateurs globaux du fait que les variations individuelles en ce qui concerne la technique du lancer de poids sont souvent assez étendues.

Vu de dessus , le poids suit 3 routes caractéristiques pendant la phase finale (Fig 12)



*X* : Direction normale du lancer  
*Y* : Angle droit par rapport à la direction de lancer  
*A* : Point où le poids quitte la main du lanceur

*S* : Début de la phase finale en double appui  
*SA* : Déviation latérale la plus grande

Figure 12 : Types de chemins parcourus par le poids lors de la phase finale , vu de dessus (BALLREICH/KUHLOW 1986)

Ces illustrations montrent des différences nettes , particulièrement dans la rectitude du geste final et apportent des informations précieuses pour l'optimisation de la phase principale du mouvement. Pour cette raison , il faut les enregistrer plus souvent qu'il n'est habituel de la faire en observant le lancer de l'arrière ( et même de face , à une distance de sécurité) et en notant quel type de courbe chaque lancer suit :

Le type I montre le chemin typique de lancers techniquement mauvais – la déviation latérale est importante ; la poussée ne s'effectue pas  *dans le poids*.

Le type II montre également une déviation latérale mais qui est nettement plus proche de l'axe normal de lancer , une poussée finale efficace est possible.

Le type III est caractérisé par une très faible déviation latérale , de plus la fin du mouvement orientée vers la gauche permet d'augmenter le chemin d'accélération pendant la finale et de créer les conditions pour réussir un bon jet.

Les chemins de lancement de la technique en rotation permettent des observations semblables.

En conséquence de ces investigations concernant le chemin de lancement et la vitesse du poids , il est possible de définir ci dessous les facteurs de la technique moderne de lancer :

- Le poids est habituellement accéléré le long d'un chemin en forme de vague. Dans la phase de départ il reçoit une vitesse d'environ 2-3m/sec , celle ci diminue pendant l'amortissement de la jambe droite (de manière plus prononcée pour les athlètes de moins bon niveau)

- Les meilleurs athlètes ont un chemin plus court de 50% pendant le sursaut qui leur permet de garder des réserves conséquentes pour la phase finale.
- Une position de force à base large permet de réaliser de plus grandes distances qu'une base étroite.
- Après la pose du pied gauche et le blocage du côté gauche, la vitesse du poids augmente immédiatement et nettement et atteint son maximum quand l'épaule droite vient en avant et que le bras droit réalise la poussée finale.
- La technique moderne est caractérisée par l'action de la jambe et de la hanche en rotation-extension. Cela permet un meilleur transfert de la vitesse de l'épaule droite vers le bras lanceur.
- En général, une finale en suspension permet de réussir de meilleures performances qu'une finale en appui car il est possible de produire plus de vitesse en cherchant à "décoller du sol"

Les expérimentations montrent que pour les lanceurs qui arrivent à produire de grandes vitesses d'envol, 75% de l'accélération est réalisée pendant la phase finale et seulement 25% dans les phases qui précèdent, sursaut et préparation à la finale. Les performances remarquables au lancer sans élan des meilleurs spécialistes mondiaux en sont l'évidente confirmation.

*Tableau 3 : Accélération du poids pendant la phase finale (Adapté de BALLREICH/KHULOW 1986)*

Performance	Total de la phase finale	Phase de double appui	Phase à un appui / Suspension
16 mètres	Env 80%	35%	45%
19 mètres	Env 80%	60%	20%
22 mètres	Env 80%	60%	20%

Le tableau 3 montre une nette différence entre différents niveaux de performeurs en ce qui concerne la cassure des pourcentages des 2 phases de la finale. On peut voir que les athlètes de moins bon niveau ne réalisent que 35% de leur accélération totale de l'engin pendant la phase de double appui, au cours de laquelle l'effort d'extension du système "lanceur-engin" devrait être le plus grand, ce qui contraste avec les 60% pour les athlètes de haut niveau. De plus les meilleurs lanceurs sont capables d'accélérer le poids dans une direction plus proche de l'axe de lancer et par là de réaliser les conditions nécessaires pour "être dans le poids" et lancer plus loin.

D'un point de vue biomécanique, il serait certainement plus avantageux pour tous les lanceurs d'utiliser la technique en rotation, en particulier pour pouvoir bénéficier de la possibilité d'utiliser un chemin d'accélération beaucoup plus long. Dans la réalité, cependant, il y a des problèmes sérieux à surmonter pendant le décollage en suspension et la nécessité d'une coordination plus grande (en particulier pour convertir le chemin d'accélération ellipsoïde du poids en une poussée finale aussi rectiligne que possible). Cela signifie que la décision d'utiliser ou non la technique en rotation doit se baser sur le type de lanceur. Les athlètes qui sont dynamiques, grands et à grande envergure, y compris les spécialistes des épreuves combinées, sont en fait particulièrement bien adaptés pour utiliser cette technique efficacement.

### 3.1.1 Aspects biomécaniques de la technique en translation

#### Aspects biomécaniques

Réaliser l'accélération initiale optimale du système lanceur-engin

jambe

Réduction de la perte de vitesse verticale

Création de la torsion entre la ligne d'épaules et la ligne des hanches

Longueur optimale du chemin de lancement du poids pendant la finale

#### Conséquences pour l'entraînement

Position de départ basse, poids du corps sur la jambe droite  
Déplacement du centre de gravité en arrière de la jambe droite en direction du lancer

Forte poussée par le talon ; extension active en balancier de la gauche en direction du lancer, sursaut court aussi rasant que possible, accélération linéaire en direction du lancer

Sursaut rasant avec une pose rapide et active des appuis avec réaction rapide et simultanée et redressement graduel (pas de redressement isolé du tronc) ; retour rapide de la jambe droite sous le corps sans freinage.

Axe des épaules à environ 90° de l'axe de lancer. Rotation de la jambe et de la hanche droites en direction du lancer. Extension de la jambe gauche dans le butoir.

Position de force individuelle optimale, le poids gardé aussi en arrière que possible ; regard fixé à l'opposé de la direction de lancer.

Nombreux exercices de mimes

"sursaut-position de force" avec contrôle de la longueur du chemin de lancement.

Accélération la plus grande possible du poids en optimisant le transfert des forces des jambes vers le bras lanceur et l'engin en passant par la hanche , le tronc et l'épaule.

Rotation active – Extension du côté droit du corps à partir de la jambe droite vers la hanche , le tronc et l'épaule avec blocage simultané du côté gauche du corps.

Extension explosive du coude du bras lanceur , le poids quitte la main au moment où l'extension du corps est complète.

Obtenir l'angle d'envol optimal en élevant le centre de gravité du corps pendant la finale

Contrôler que la tenue du poids est correcte  
Exercices de renforcement des jambes  
Lancers sans élan

### 3.1. Biomécanique de la technique en rotation

La majorité des principes biomécaniques est en faveur de la technique en rotation . Différentes études ont montré la supériorité théorique de cette technique qui se trouve confirmée par les performances actuelles des athlètes. Une forte vitesse initiale (4m/sec , comparer avec le tableau 4) caractérise cette technique. Elle est produite dans la phase de pré accélération , d'une part par la détorsion de la torsion initiale , par le large rayon de rotation du chemin de lancement circulaire du poids et par la haute vitesse angulaire qui découle du pivot des jambes et du tronc ; d'autre part , une accélération complémentaire est produite par l'action de la jambe droite dans la rotation et par l'impulsion de la jambe gauche pour créer la suspension. Enfin le rapprochement des masses près de l'axe de rotation pendant la volte (par le redressement du tronc , le rapprochement du bras libre près du corps et la pose du pied droit au centre du cercle) a également pour effet de créer une accélération .

Une baisse importante de la vitesse (de 4m/sec à 1,4m/sec , voir tableau 4) peut être observée lors de la phase d'accélération principale au moment de la pose du pied droit au milieu du plateau. Elle peut s'expliquer par une diminution de la vitesse pendant la période de suspension et par la friction de la plante du pied sur le sol pendant le pivot. Elle peut aussi s'expliquer par le fait que l'axe des hanches avance par rapport à celui des épaules au moment de la prise d'avance sur l'engin dont la vitesse se trouve ainsi légèrement diminuée.

Ce n'est que lors de la position de force en double appui qu'il sera possible d'accélérer l'engin de nouveau. L'accélération dans la phase principale est nettement plus grande que dans la technique en translation (de 1,4 à 12,1m/sec , voir le tableau 4) . Cette augmentation importante est le résultat de la torsion prononcée qui produit une tension plus grande au niveau des muscles du tronc. La détorsion immédiate quand la tension maximale est atteinte , affecte , quand elle atteint son maximum , l'explosivité de la phase finale de l'ensemble du geste.

Les désavantages de la rotation résident primitivement dans sa faculté de perturbation et dans une augmentation sensible de la fréquence des jets mordu. Au moment où , dans la finale , il n'y a plus de contact avec le sol , et pendant l'extension simultanée des jambes et du bras , le lanceur doit , par un *blocage* du corps , éviter une sur-rotation. Souvent , le tronc continue de tourner après que l'extension des jambes et du bras aient déjà dépassé leur maximum. Le transfert du mouvement de rotation en mouvement linéaire est la cause de problèmes majeurs de coordination pour le lanceur en rotation. Cependant c'est là que réside la possibilité de réaliser de meilleures performances dans le futur si l'on effectue très tôt une préparation de coordination technique adaptée.

Le tableau ci dessous fait une comparaison des deux techniques de lancer de poids d'un point de vue biomécanique

	Translation	Rotation
Longueur totale du chemin de lancement	2,60m	env 4,80m
Longueur de la phase de pré accélération	0,30 à 0,70m (Pour la variante court/long)	Jusqu'à 3m
Vitesse à la fin de la phase de suspension	3m/sec	4m/sec
Phase d'amortissement (Appui unique)	Relativement courte	2,5 x plus longue
Vitesse au début de la position de force	2,60m/sec	1,40m/sec
Vitesse lors de la phase d'accélération principale	11,20m/sec	12,10m/sec
Longueur de la phase d'accélération principale	1,50 – 1,78m	Jusqu'à 1,80m
Largeur de la base de la position de force	1,10 – 1,45m	0,60 – 0,90m
Hauteur d'envol	ne dépend pas de la	technique utilisée
Vitesse d'envol	Env 13,5 – 13,8m/sec	env 13,5m/sec
Angle d'envol	40,5 – 41°	39,5 – 42,5°
Distance de la hanche au butoir	0,44m	0,22m
Distance atteinte au delà de la verticale du cercle	0 – 0,26m	0,32 – 0,44m
Déroulement du mouvement	Simple	Complexe
Validité des jets	Relativement sûre	Peut poser des problèmes

Tableau 4 : Comparaison des paramètres biomécaniques des techniques en translation et en rotation à partir d'un échantillon de données de performances de haut niveau. (Données provenant de recherches diverses)

### 3.2.1. Aspects biomécaniques de la technique en rotation

#### Aspects biomécaniques

Accélération initiale optimale et sa poursuite au cours de la rotation

Réduction de la perte de vitesse horizontale à la reprise d'appui au centre du plateau

Faible rayon du chemin de lancement du poids au début de la position de force

Créer un haut niveau de tension à l'intérieur du corps par l'action de la jambe de blocage et de la jambe d'appui

Forte vitesse angulaire au moment de la détorsion des hanches

Transfert d'impulsions par "blocage" pour assurer la transition du chemin du centre de gravité et du poids de la rotation à une direction linéaire

Haute vitesse d'envol  $V_0$  par l'action subséquente des principaux groupes musculaires concernés

Grande hauteur d'envol

Angle d'envol optimal obtenu par l'action des jambes de blocage et d'appui (Élévation du centre de gravité par utilisation explosive du levier de la jambe de blocage)

#### Conséquences pour l'entraînement

Pivots et impulsions de la volée pour développer l'équilibre et la capacité d'orientation

Impulsions rythmiques dans la volée suivies ou non du lancer

Lancers des poids ou divers engins à partir de rotations variées

Renforcement du tronc et des muscles des épaules , plyométrie  
Renforcement des jambes de blocage et d'appui

Exercices avec médecine balls pour les obliques du tronc et les muscles des épaules – Bondissements

Exercices de blocage du bras gauche ramené contre le côté gauche

Sauts et finales exécutés à partir de rotations  
Finales sans l'aide des jambes  
Mimes avec et sans poids

Sauts , exercices de développement de la force des jambes

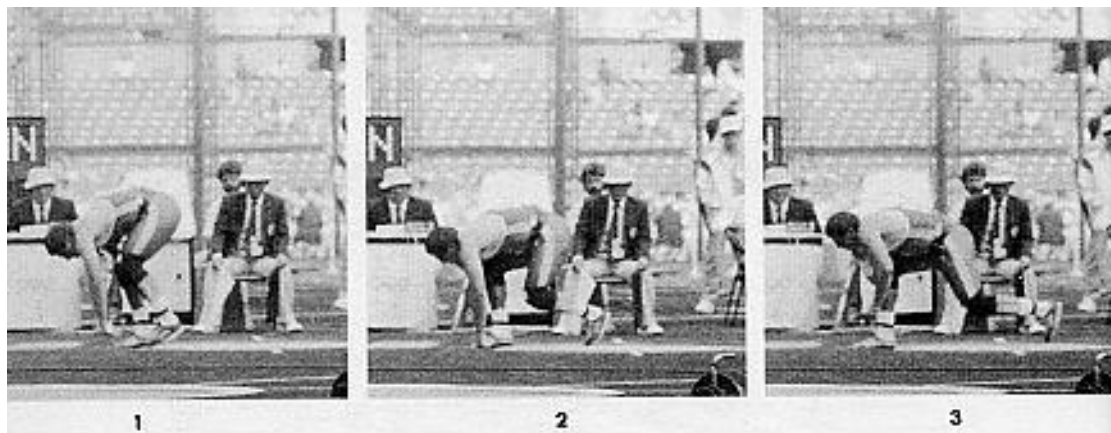
Améliorer la capacité de blocage de la jambe de blocage  
Développement de la puissance des jambes de blocage et d'appui pour un travail explosif  
Contrôle de la bonne tenue de l'engin

## 2. LE MODELE

### 5.1 Technique en Translation

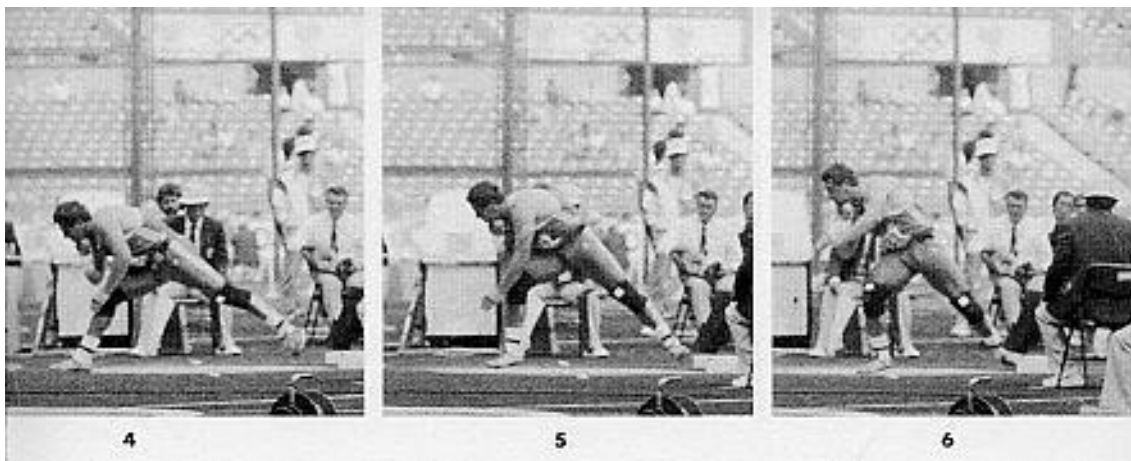
Ulf TIMMERMANN

Allemagne  
Champion  
Olympique 1988  
Taille : 1,94m  
Poids : 119kg



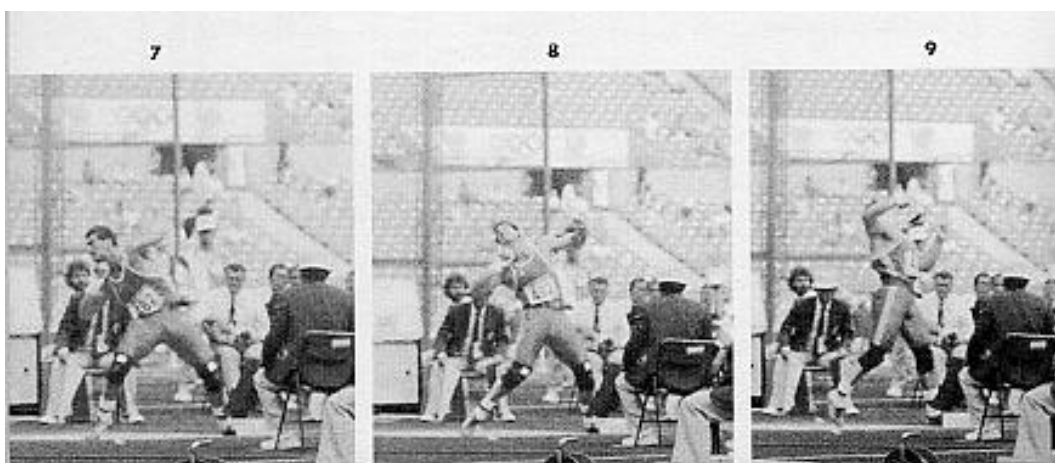
Le kinogramme suivant a été réalisé pendant le jet de 22,43m qui a permis à Timmermann de remporter la médaille d'Or lors des Jeux Olympiques de SEOUL en 1988.

Au début du lancer , Timmermann est incliné particulièrement loin en avant avec sa poitrine touchant la cuisse. Sa jambe d'appui n'est que légèrement fléchie avant de fléchir de manière plus importante jusqu'à environ 90° (Photos 1 et 2).



Le sursaut de Timmermann est classique avec un balancer-extension exemplaire des jambes (Photos 2-6). Il commence par une extension de la jambe gauche en direction du butoir et simultanément le début de l'extension de la jambe droite. Le tronc est en ligne droite avec sa jambe gauche allongée et sa pointe de pied droit commence à se tourner en direction du lancer (Photo 4).

Dans cette série de photos on ne voit pas le moment où la jambe droite perd contact avec le sol, cependant on peut observer le retour rapide et rasant de la jambe droite sous le corps (Photos 5-6). Le bras gauche est pratiquement tendu pendant le sursaut. Le sursaut se termine au moment où la jambe droite reprend appui activement par la pointe du pied à environ 1 longueur de pied de distance en arrière du milieu du cercle (Photo 6). Le dos est toujours tourné complètement par rapport à la direction du lancer.



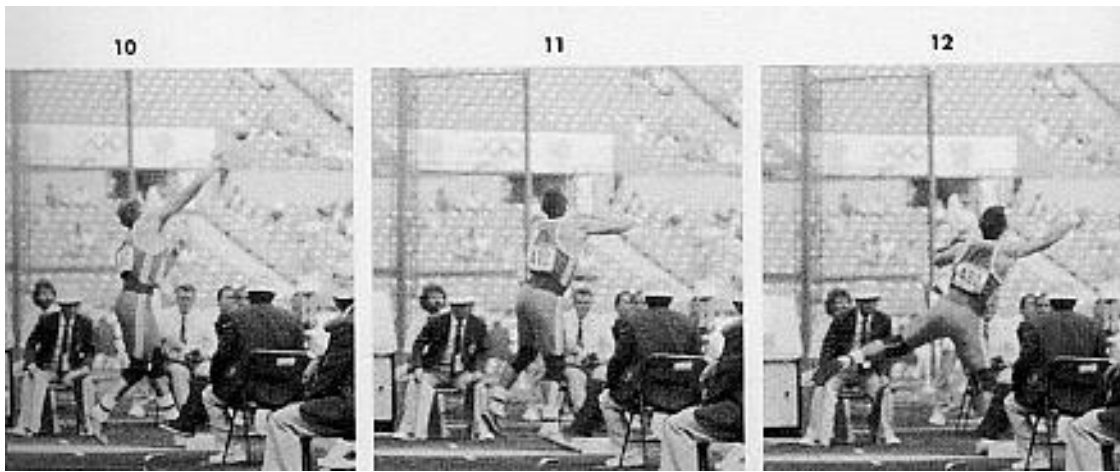
A ce moment, Timmermann réalise une torsion particulièrement importante entre les hanches et les épaules (Photo 6). Son pied droit est légèrement rentré à l'intérieur. Son pied gauche est tout près de se poser. Il vient se planter avec le bord extérieur contre le butoir (Photo 6).

Au moment où le pied gauche se pose, on peut observer une position de force avec une base d'appui très large de la variante long-court – (environ 1,30m) (Photo 7). Puis, l'action de la jambe droite fait pression sur la hanche droite. La jambe gauche est bloquée, pratiquement tendue et sert de levier pour l'accélération du haut du corps.

Pendant ce mouvement de soulevé-rotation, on peut voir très clairement l'aide apportée par le bras gauche (Photo 8).

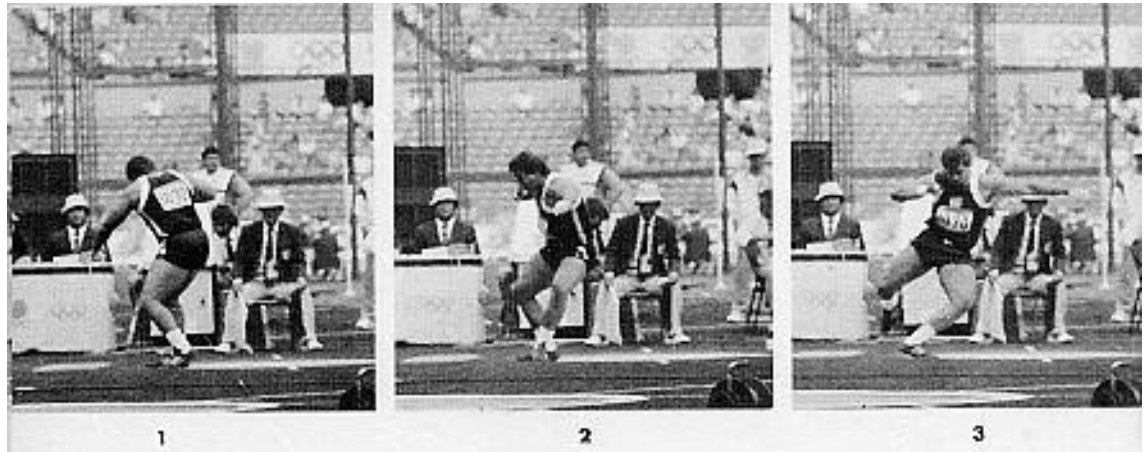
Lors de la finale, la position haute du coude de Timmermann est également visible (Photo 9) pendant que le côté gauche du corps, bras gauche y compris est bloqué. Le poids est éjecté alors que l'extension du corps est pratiquement complète et que les appuis ont quitté le sol (Photo 10).

Un changement de pieds rapide avec une flexion simultanée de la jambe droite permet à Timmermann de contrôler son mouvement de manière remarquable et d'éviter de mordre.



## 5.2 Technique en Rotation

**Randy BARNES**  
**USA**  
**Recordman du monde**  
**Taille : 1,93m**  
**Poids : 132kg**

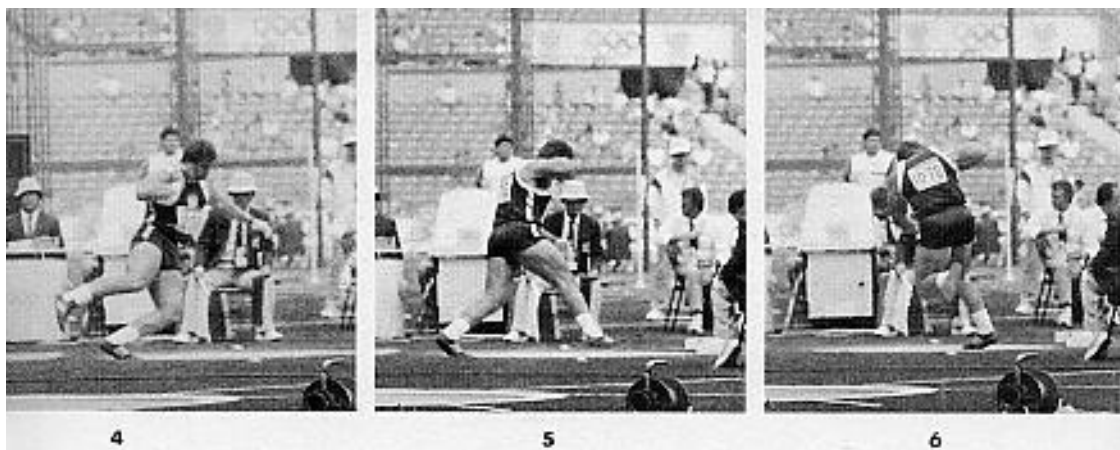


Le kinogramme montre le jet avec lequel Randy BARNES a remporté la médaille d'Argent lors des Jeux Olympiques de SEOUL.

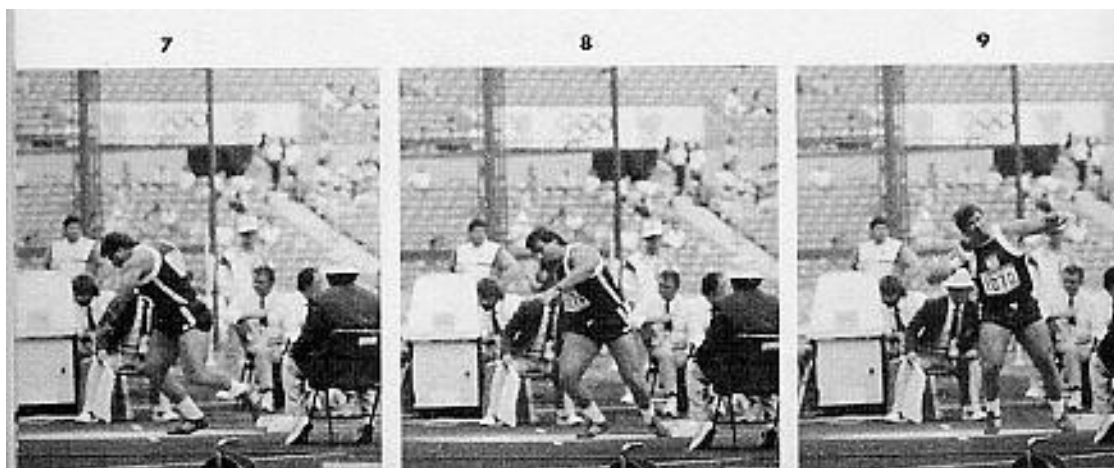
Barnes commence sa rotation dans une position relativement redressée par l'ouverture du genou gauche (Photos 1 et 2) . Au moment où la jambe gauche quitte le sol , son bras gauche allongé aide nettement au mouvement (Photo 3) . Sa jambe libre , fléchie de manière assez importante est conduite vers le centre du cercle , le poids étant nettement au dessus de la jambe gauche (Photo 4).

Avec le ralentissement de la jambe libre qui va suivre , le bras gauche fait un mouvement inverse afin d'empêcher le côté gauche du corps de tourner trop loin. Le bras gauche est orienté en direction du butoir , les yeux sont également orientés dans cette direction (Photo 4) . L'impulsion très active de la jambe gauche est complétée par un mouvement très ample de la jambe droite pratiquement allongée. Cela permet de réaliser une phase de suspension très courte.

Le pied droit se pose à environ 10cm en arrière du centre du cercle avec la pointe orientée à l'inverse de la direction du lancer (Photo 6).



Barnes continue sa rotation rapide sans laisser son talon droit toucher le sol avec une jambe gauche très fléchie jusqu'à ce que son dos se retrouve face à la direction de lancer (Photo 7).

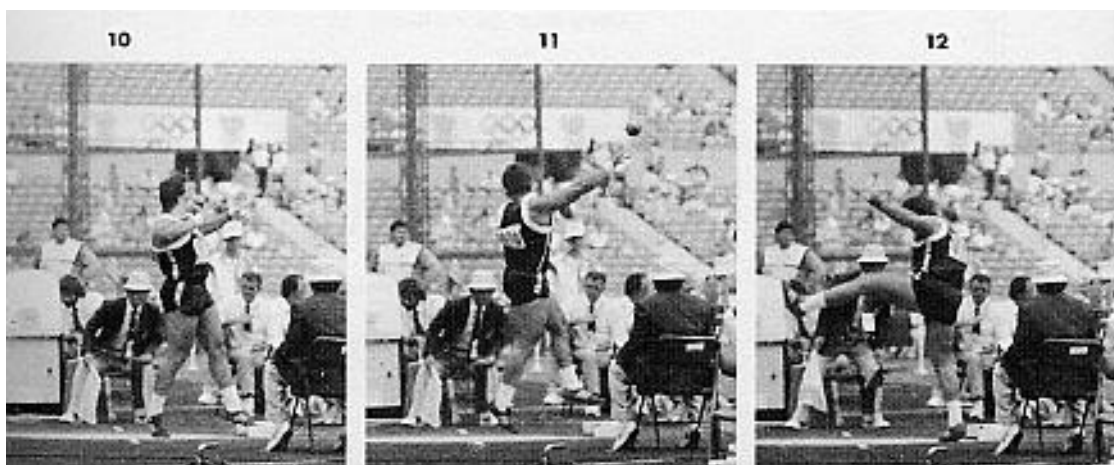


Son bras gauche et ses yeux sont orientés vers le bas et à l'opposé de la direction de lancer. Dans cette phase, on peut observer la torsion importante entre les hanches et les épaules avec une tension importante des muscles du tronc. Son centre de gravité se trouve directement au dessus du pied droit. Au moment où le pied gauche se pose (Photo 8), on peut voir le faible écart des appuis caractéristique de la technique en rotation (Environ 70cm).

La position relativement redressée du corps dans cette position de force étroite est remarquable et caractéristique de Barnes. Son bras gauche est à 90° de la direction du lancer. L'extension explosive des jambes et la rotation rapide des épaules caractéristique des lanceurs en rotation est visible dans la photo 10 lors de la rotation-extension active de l'ensemble du tronc.

La hauteur importante de la suspension (environ 25cm) est l'indice d'une très grande force des jambes. le poids est lancé en suspension (Photo 11).

L'allonge de la finale au delà de la verticale du bord du cercle des lanceurs en rotation n'apparaît pas ici. Comme Barnes ne termine pas son jet loin en avant du butoir, il n'a aucun mal à retrouver son équilibre et à effectuer son sursaut de reprise d'équilibre avec le corps redressé.



## **6. DES DONNEES ET DES FAITS**

### **Ecartement des appuis et position finale**

Les techniques linéaire et en rotation diffèrent considérablement en ce qui concerne la répartition du déplacement (sursaut ou rotation) tout comme dans l'écartement des appuis en finale.

La figure 13 montre en pourcentages la répartition du déplacement et en mètres l'écart des appuis en finale, ce qui permet une comparaison des 2 techniques.

**Fig 13 : Longueur des déplacements et écartement des appuis en pourcentages et en mètres dans les techniques en translation et en rotation.**

Athlète		Performance réalisée (m)	Longueur totale du déplacement 100%		Ecart des appuis en Position finale
Translation	Timmermann	23,06m	40	60	1,30m
	Günthoer	22,75m	43	57	1,20m
	Briesenick	22,45m	40	60	1,45m
	Lissovskaia	22,63m	40	60	1,30m
	Oldfield	21,25m	44	56	1,10m
Rotation	Oldfield	22,02m	60	40	0,90m
	Baryschikow	22,00m	55	45	0,95m
	Laut	22,02m	55	45	0,90m
	Barnes	22,45m			env 0,60/0,70m

### Angle de lancer et vitesse d'éjection

La performance réalisée dépend principalement de l'angle de lancer et de la vitesse d'éjection de l'engin et aussi , dans une faible proportion , de la hauteur de lâcher de l'engin. Les tableaux 5 et 6 et les illustrations qui suivent donnent des informations sur sur ces différents aspects.

**Tableau 5 : Corrélation entre la longueur du jet , la hauteur de lâcher , l'angle de lancer et la vitesse d'éjection (D'après DYSON 1976)**

Hauteur de lâcher (en mètres)	Angle de lancer (En degrés)	Vitesse d'éjection (en m/Sec)	Longueur du jet (En mètres)
2,43m	45°	13,41	20,62
		13,10	19,76
		12,80	18,94
2,43m	40°	13,41	20,72
		13,10	19,89
		12,80	19,07
2,43m	35°	13,41	20,29
		13,10	19,50
		12,80	18,72
2,43m	30°	13,41	19,43
		13,10	18,69
		12,80	17,95
2,13m	45°	13,41	20,37
		13,10	19,53
		12,80	18,71
2,13m	40°	13,41	20,42
		13,10	19,60
		12,80	18,80
2,13m	35°	13,41	19,95
		13,10	19,17
		12,80	18,38
2,13m	30°	13,41	19,07
		13,10	18,31
		12,80	17,60
1,98m	45°	13,41	20,24
		13,10	19,40
		12,80	18,56
1,98m	40°	13,41	20,29
		13,10	19,45
		12,80	18,65
1,98m	35°	13,41	19,81
		13,10	19,02
		12,80	18,23
1,98m	30°	13,41	18,87
		13,10	18,13
		12,80	17,40

**Tableau 6 : Données concernant les 8 premiers de la finale des championnats du monde 1987 à Rome (D'après SUSANKA/STEPANEK 1988) . Les distances données ne sont pas forcément leur meilleure performance en finale**

Poids Hommes	Günthoer	Andrei	Brenner	Machura	Timmermann	Beyer	Bodenmueller	Gavrioshin
Distance mesurée	22,23m	21,88m	21,18m	21,25m	21,35m	21,02m	19,52m	19,83m
Dépassement au delà de la verticale de l'arc de cercle	0,08	0,09	0,08	0,17	0,10	0,13	0,08	-0,04
Distance théorique	22,15m	21,79m	21,10m	21,23m	21,26m	20,89m	19,44m	19,87m
Hauteur de lâcher	2,24m	2,13m	2,22m	2,24m	2,22m	2,19m	2,22m	2,22m
Angle de lancer	35,5°	35,5°	39,8°	38°	35,8°	34,1°	39,3°	41,10°
Vitesse d'éjection	14,19m/s	14,10	13,67	13,75	13,86	13,82	13,07	13,21