LANCER DU MARTEAU 2 : LA BIOMECANIQUE

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 2e degré de l'IAAF

Didier POPPE

L'angle d'inclinaison du chemin de lancement du marteau est d'environ 38° pendant les moulinets , il augmente régulièrement lors des tours et pendant le dernier tour , il est de 44°. Le chemin de lancement en spirale du marteau pendant la technique en 3 tours avec évolution de l'angle d'inclinaison est décrit dans la figure 5.

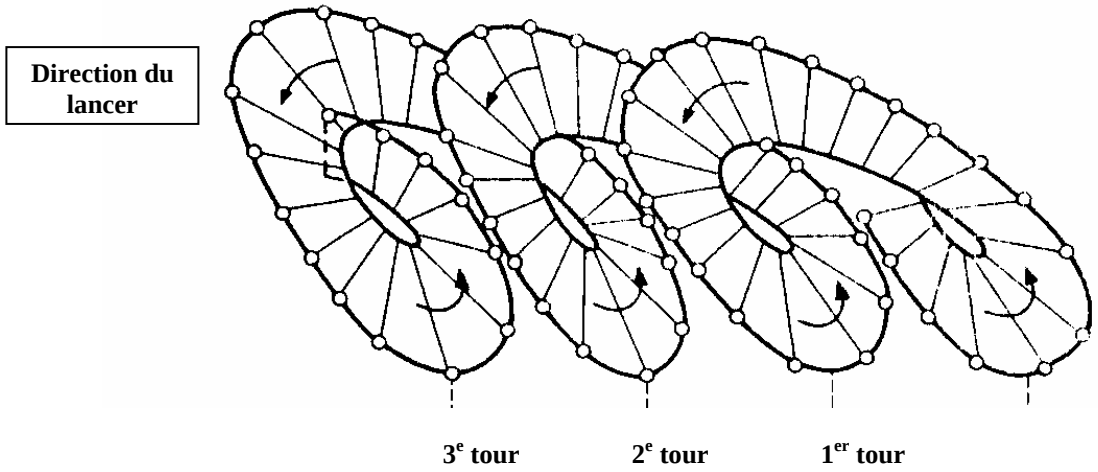


***Figure 5 :** Le chemin de lancement en spirale du marteau (D'après OTTO 1987)*

Le raccourcissement régulier des phases pendant les derniers tours – une caractéristique de la technique moderne – contribue à une augmentation effective de la vitesse jusqu'au moment de la finale. La figure 6 montre l'accélération progressive pendant les tours pour un jet à 70m

SH = Hauteur d'épaule
LP = Point bas de la tête du marteau
RFT = Pied droit quitte le sol
HP = Point haut de la tête du marteau
LRF = Pose du pied droit
RH = Lâcher du marteau

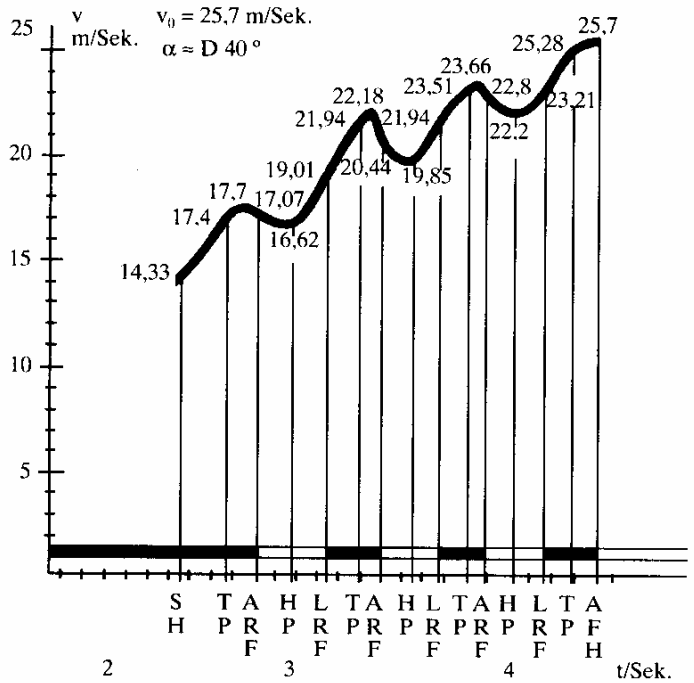


***Figure 6 :** Mode d'accélération au lancer de marteau (D'après KUZNETZOW 1980)*

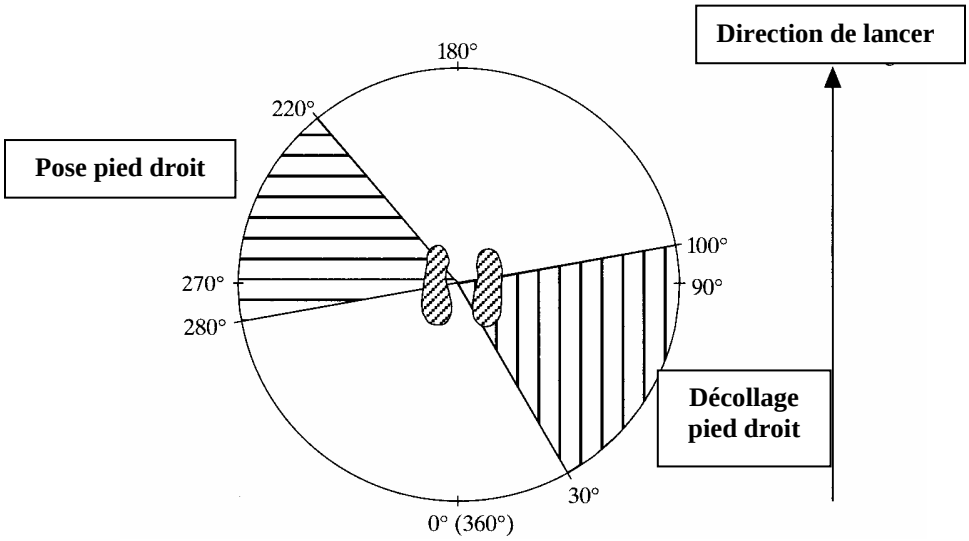


***Figure 7** : Système de coordination du lancer de marteau avec moment de décollage et de pose de la jambe libre par rapport au chemin de lancement du marteau.*

La technique des second, troisième et, quand il existe , du quatrième tour diffère de celle du premier. La position de départ avec un écart de 70cm environ entre les pieds au 1er tour se réduit progressivement de tour en tour pour atteindre environ 20cm lors de la finale. Le décollage du pied droit se fait de plus en plus tôt au fil des tours alors que la pose du pied se fait de plus en plus par la pointe. La vitesse grandissante de l'engin sur son chemin de lancement doit être compensée par un déplacement plus prononcé du tronc. Cela réalise l'augmentation déjà mentionnée de l'inclinaison du plan du marteau . Comme l'écart entre les pieds se réduit au fil des tours , la jambe droite effectue un trajet de plus en plus court. le point bas de la trajectoire du marteau se déplace à chaque tour vers le niveau du milieu du corps.
A la pose très active du pied droit lors du dernier tour , le centre de gravité du lanceur se trouve à son point le plus bas du fait qu'à ce moment les 2 jambes sont très fortement fléchies. La tirade finale s'effectuera à partir de cette position.

2. ASPECTS BIOMECANIQUES

La performance de chaque jet est déterminée par 4 facteurs :

1. **La vitesse d'éjection (Vo)**
2. **L'angle de projection (Xo)**
3. **La hauteur de lâcher (Ho)**
4. **Les caractères aérodynamiques de l'engin / Conditions de vent /Action de la gravité (g)**

La formule biomécanique pour calculer la longueur du jet est :

$$\text{Distance} = Ho + \frac{V2 + \sin 2x}{g}$$

Ces facteurs ont été interprétés par WERNER de la manière suivante :

1. **La vitesse d'éjection (Vo) est le seul facteur qui agit par son carré dans la formule ci dessus et a donc l'influence la plus grande sur la distance réalisée. Une petite augmentation de cette vitesse d'éjection peut produire une augmentation considérable de la distance. Par exemple une augmentation de 1m/sec de la vitesse d'éjection produit une augmentation de distance d'environ 5m.**
   La vitesse d'éjection dépend du rayon du chemin décrit par le marteau et de la vitesse angulaire. cela explique l'exigence biomécanique de la plus grande vitesse angulaire possible lors de la finale , avec en même temps le rayon optimal.

L'accélération du marteau est d'une importance cruciale. le marteau ne doit pas atteindre sa vitesse maximale avant la finale. La vitesse angulaire doit donc augmenter régulièrement à chaque tour avant d'atteindre son maximum lors de la finale.

2. **L'angle de projection mathématique optimal est d'environ 44°. Les forces centrifuges qui sont créées lors de la finale (forces centrifuges de l'ordre de 300kp pour des distances de l'ordre de 80m) sont souvent réduites dans la pratique du fait que le lanceur se penche en arrière "contre le marteau" pendant la finale. Un angle de projection important n'est plus possible dans cette position. Lors du record du monde de Sedyckh à 86,74m , l'angle de projection était de 41,1° (OTTO 1987). Une variation de 5° par rapport à l'angle optimal de projection entraîne une perte de distance d'environ 1 mètre. Cela signifie qu'avec un angle de projection optimal , le jet de Sedyckh aura pu être aux environs de 87m.**
   Il n'est possible d'effectuer que des ajustements mineurs de l'angle de projection lors de la finale proprement dite. l'angle est avant tout déterminé par l'inclinaison du chemin de lancement du marteau pendant le dernier tour. Du fait de l'augmentation de l'accélération et du déplacement de la position du tronc , l'angle d'inclinaison du marteau devient de plus en plus accentué au fil des tours. En conséquence pratique , il convient de maintenir relativement plat la plan du marteau pendant les moulinets et le 1er tour.

3. **Par rapport au lancer de poids , la hauteur de lâcher ne joue qu'un rôle secondaire dans les longs jets. Plus la performance est grande et moins la hauteur de lâcher a d'importance. La différence entre deux hauteurs de lâcher est pratiquement la même que le gain ou la perte de distance qui en découle (dépendant de l'angle de projection). Avec un angle constant de 44° , le gain de distance pour une hauteur de lâcher plus élevée de 20cm est d'environ 18cm (TUTJEWITSCH 1976). Il ne faut pas cependant confondre la hauteur de lâcher qui est déterminée par des facteurs techniques avec la taille de l'athlète lui même.**

4. **Du fait de sa forme sphérique , le marteau ne reçoit pas d'effet positif de poussée (à la différence du disque et du javelot). Le poids de l'engin et sa forme aérodynamiquement neutre expliquent également le peu d'influence sur l'engin des conditions de vent. D'après TUTJEWTSCH (1978) , un vent de dos ou de face de 2m/s aura seulement pour effet un gain ou une perte de distance d'environ ½ mètre sur un jet de 80m. La résistance de l'air sur le marteau , qui n'est pas prise en compte dans la formule de calcul de la distance , réduit la distance théorique d'environ 3 mètres.**

   Une altitude élevée par rapport au niveau de la mer peut avoir 2 effets positifs sur la distance réalisée. D'une part, plus grand est l'éloignement par rapport au centre de la terre et plus la résistance de l'air diminue ; d'autre part la gravité est également diminuée , mais d'une manière beaucoup plus faible.

Forces centrifuges et centripètes et conséquences pour la technique

1. Abaissement du centre de gravité du corps / chemin du centre de gravité

Les forces centrifuges augmentant à chaque tour nécessitent des forces centripètes équivalentes venant du lanceur. Elles sont obtenues par l'augmentation du potentiel de force du lanceur associé souvent avec une augmentation souhaitée de la masse corporelle. Le lanceur contrôle également les forces centrifuges par un ajustement technique. Il l'obtient par l'abaissement du centre de gravité et l'inclinaison du tronc. Cela est réalisé notamment par la "génuflexion" ainsi nommée de la flexion prononcée des genoux pendant la fin de la phase de rotation sur un appui au moment de poser la jambe libre. La génuflexion est caractéristique d'une excellente technique. Les meilleurs lanceurs mondiaux sont capables d'amener leur centre de gravité en opposition au marteau. Les hanches sont abaissées au moment où le marteau est à son point haut et sont soulevées au moment où il vient à son point bas. De cette manière , le lanceur peut générer de plus grandes forces centripètes. Pour les lanceurs qui lancent à moins de 70m , cet aspect technique est généralement beaucoup moins prononcé. Pour des lanceurs encore moins bons , on peut même observer le phénomène opposé avec une courbe du centre de gravité qui suit celle du marteau (OTTO 1987)

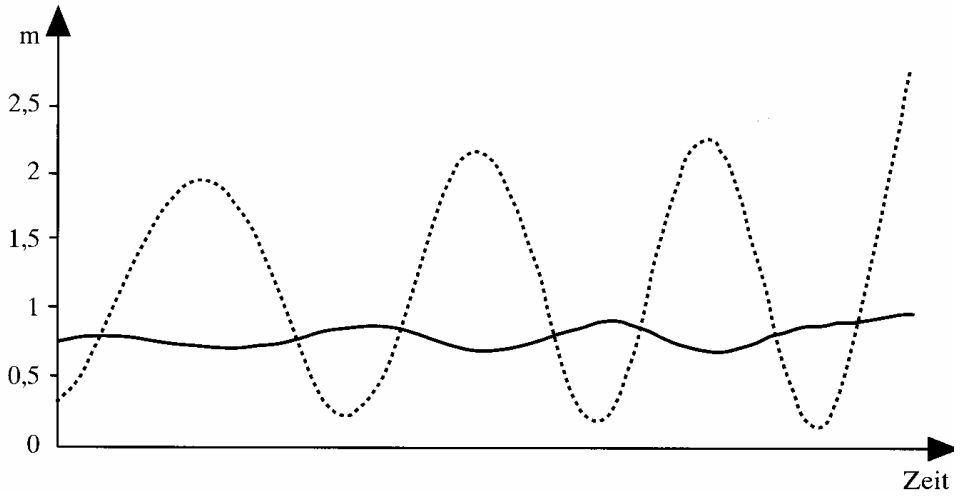


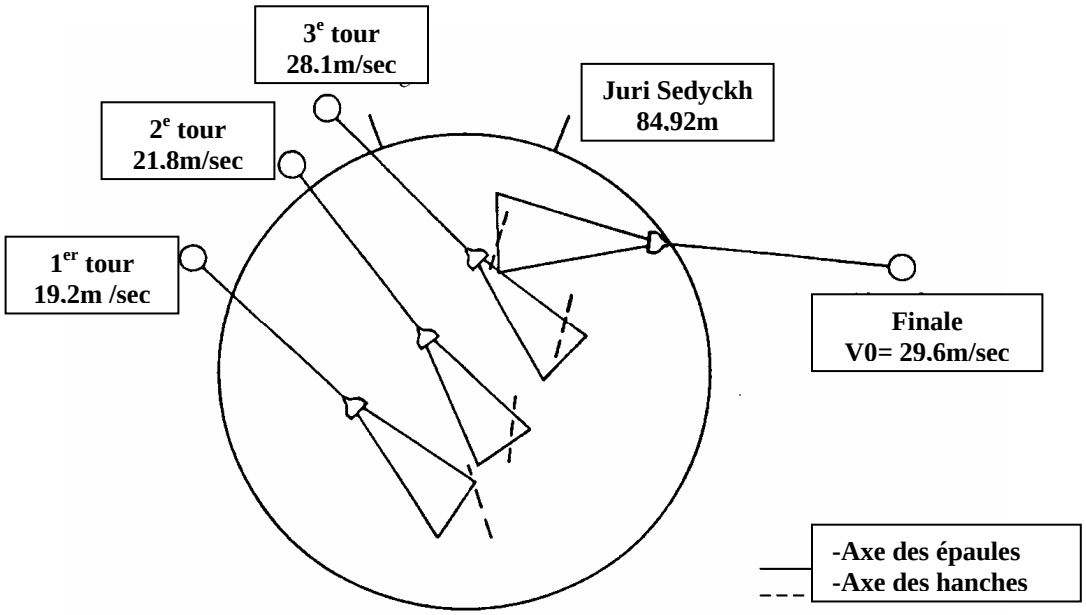
***Figure 8** : Chemin décrit par la tête du marteau (….) , les hanches (-----) Youri Sedyckh 86,74m (D'après OTTO 1987)*

2. Torsion des axes corporels

La torsion entre les axes des hanches et du bassin crée une pré tension des muscles du tronc et l'énergie cinétique provient de la détorsion. Ce principe est très important pour le lancer du marteau et s'applique lors de chaque tour : la torsion est créée lors de la phase de rotation sur un appui et est libérée de nouveau lors de la phase en double appui afin d'accélérer le marteau.

Autrefois on recherchait la plus grande torsion possible entre les axes des hanches et du bassin , ce qui s'appelait "traîner" le marteau. Le lanceur cherchait à devancer son marteau autant que possible ce qui déclenchait une flexion du bras droit entraînant un raccourcissement très désavantageux du rayon de déplacement du marteau. Dans la technique moderne , on cherche à conserver le triangle isocèle constitué par les 2 bras et l'axe des épaules et le garder tel que tout au long des phases du lancer. La torsion entre les axes des hanches et des épaules qui était autrefois d'environ 90° n 'est plus de 60° dans la technique actuelle où l'on recherche un plus long rayon d'action du marteau. De cette manière le lanceur peut résister à des forces centrifuges plus importantes et travailler contre le marteau avec plus de stabilité.

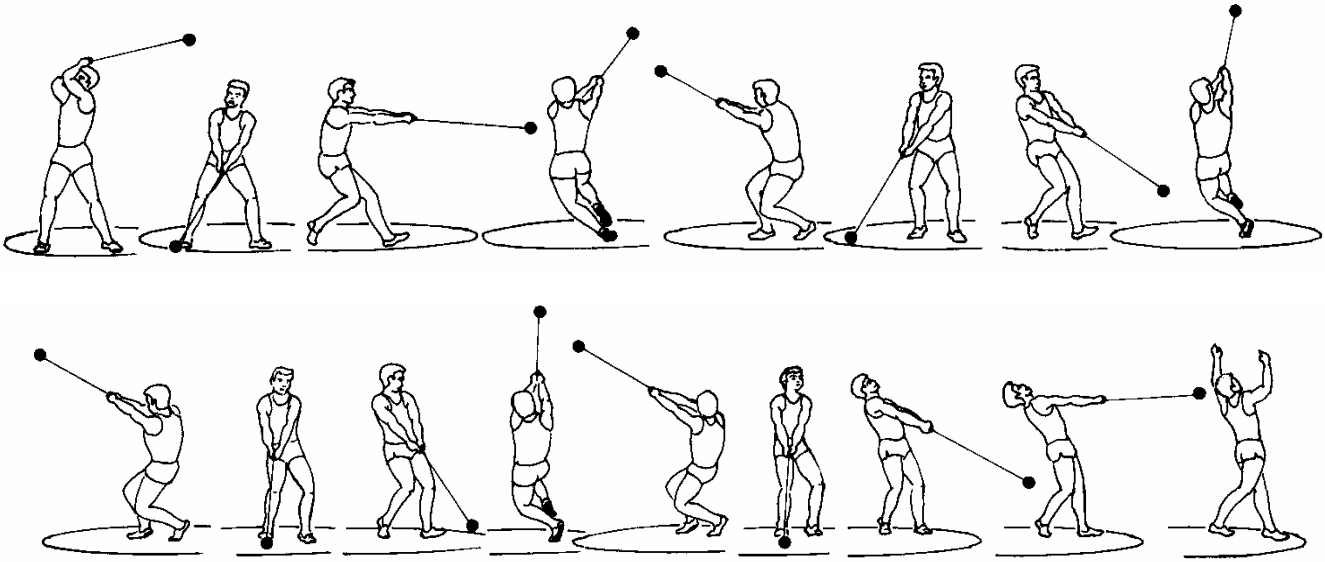
***Figure 9 :** Analyse d'un jet à 84,92m de Youri Sedyckh (D'après BARTONIETZ 1991)*
Position du marteau et des bras , des axes des épaules et des hanches et vitesse du marteau au début des phases de double appui et pendant la finale.



2.1 EXIGENCES BIOMECANIQUES

Exigences biomécaniques	Conséquences pour l'entraînement
Lors des moulinets	
Chemin de lancement circulaire optimal du marteau avec le plus grand rayon possible	**-Exercices d'étirement et de relâchement pour les muscles des épaules** **-Exercices pour le "dos rond"** **-Exercices d'allongement des bras**
Position du corps par rapport au marteau et léger contre mouvement des hanches	**Souplesse de l'articulation des hanches** **Renforcement des muscles du tronc et des hanches** **Exercices de torsion**
Accélération du marteau après passage au point haut de sa trajectoire	**Mouvements bras allongés en forme de swing de golf** **Exercices avec et sans engins courts (poids, med ball ,gueuses) travailler à l'accélération de l'engin**
Pendant les tours	
Pendant l'entrée du 1er tour l'accélération du marteau doit être transférée à l'ensemble du système lanceur/engin	**Déplacer l'engin suivant un large chemin circulaire et continuer de l'accélérer** **Exercices de transfert de poids du corps et d'équilibre par ex rotations sautées ou sursautées etc…**
Augmentation optimale de la vitesse par un long effet d'accélération produit par les 2 jambes pendant la phase de rotation en double appui	**Education de l'entrée active avec renforcement de l'action motrice de la jambe droite par des exercices mimés** **Exercices de renforcement des jambes** **"Prise" précoce du marteau au début de la phase de rotation en double appui**
Perte minimale de vitesse lors de la phase de rotation sur un appui	**Exercice mimé de la pose "active" du pied droit avec la rentrée intérieure du genou droit** **Vocaliser le rythme de rotation : "Un" (double appui / long)** **-"Deux" (appui simple / bref)**
Augmentation constante de la vitesse pendant les tours	**Exercices de rotation avec des marteaux lourds courts , des sacs de sable etc…pour développer la force spécifique et / ou avec des engins légers pour augmenter la vitesse de rotation.** **Ne pas démarrer la 1ère rotation trop rapidement !**
Centre de gravité du lanceur bas pendant le tour avec la position la plus basse atteinte à la fin du dernier tour	**Tourner avec et sans engins avec des jambes très fléchies (Tourner en position de squat)**
Plan de rotation optimal du marteau avec un angle d'inclinaison de 38° durant les moulinets et augmentant jusqu'à 44° lors du dernier tour	**Prise de conscience du plan du marteau avec des exercices de rotations utilisant des marteaux légers avec un angle d'inclinaison augmentant de tour en tour** **Marquer le point bas du marteau à chaque tour**
Lors de la finale	
Angle de projection d'environ 44° après la rotation et l'extension des jambes et du tronc	**Lancers sans élan avec des engins courts (Poids , med ball , gueuses rondes etc…) en faisant particulièrement attention à obtenir un angle de projection optimal** **Lancers d'entraînement avec évaluation par analyse video** **Un tour finale avec le marteau**

3.ANALYSE STRUCTURELLE DES PHASES DU LANCER

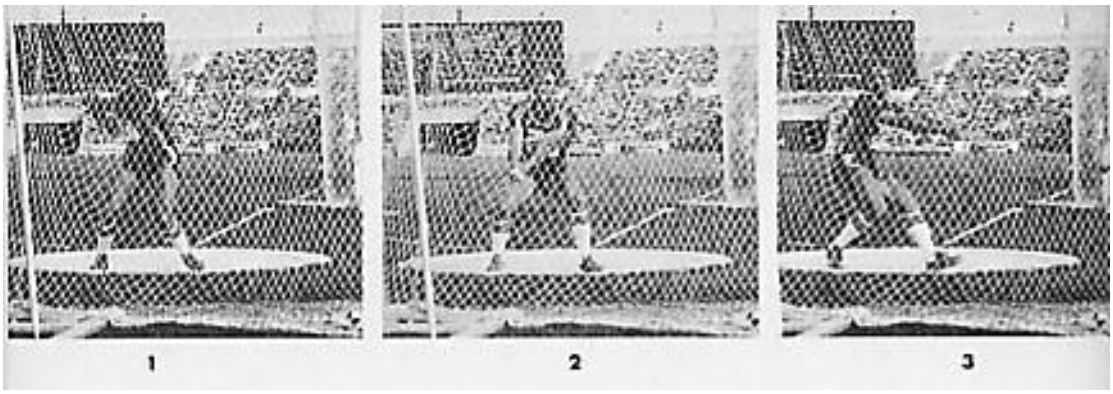


	Objectif et fonction	Points caractéristiques / Critères d'observation
Phase de préparation **Décollage du marteau** **Moulinets**	**-Pré accélération du marteau** **-Réaliser un chemin d'accélération circulaire optimal du marteau** **-Créer les conditions favorable à l'entrée dans les tours**	**-Tenue ferme de l'engin au départ . tête du marteau posée sur le sol dans le cercle sur la droite soit devant le lanceur soit derrière** **-Moulinets faisant décrire au marteau le chemin optimal de lancement** **-Accélération graduelle du rythme** **-Bras allongés** **-Contre mouvement du bassin** **-Participation du tronc à la réalisation du chemin de lancement circulaire du marteau** **-Point bas de la trajectoire du marteau en avant et à droite du lanceur** **-Accélération du marteau après le passage au point haut** **-Plan de rotation incliné à 35-38°** **-Torsion vers la droite du corps après passage du marteau au point bas**
1ère Phase principale **Entrée dans le 1er tour**	**-Transfert de l'accélération du marteau créée lors des moulinets à l'ensemble du système lanceur/engin** **-Agir sur l'engin suivant un large chemin de lancement circulaire**	**-Le pied gauche commence à pivoter quand la tête du marteau atteint son point bas** **-Prise ferme de la poignée du marteau** **-Rotation active en pivot de la jambe droite** **-Transfert du poids du corps vers la jambe gauche** **-Abaissement prononcé du centre de gravité du corps du lanceur** **-Détorsion du corps** **-Le côté gauche du corps forme un axe de rotation pour le système** **-Haut du corps penché en avant** **-Mouvement de rotation – Le pied droit quitte le sol au moment où le marteau a atteint un angle de rotation de 50°** **-Essayer d'obtenir le rayon de rotation optimal du marteau**

2e phase principale A Phase de rotation sur un appui	**-Réalisation d'une torsion optimale du corps par la prise d'avance sur l'engin comme condition nécessaire à la phase d'accélération qui suivra (A noter que cette phase est particulièrement susceptible de poser des problèmes)**	**-Après l'impulsion de la jambe droite , le genou droit avance rapidement en direction du tour et conduit la prise d'avance sur l'engin -Rapide rentrée interne du côté droit du bassin -Flexion importante du genou gauche -Le pied droit est rasant et passe tout prés de la jambe gauche de pivot -La torsion maximale est atteinte juste avant la pose du pied droit -La torsion est atteinte par le décalage d'environ 80° des axes des épaules et des hanches -Les hanches font face au marteau -Formation d'un triangle isocèle par les bras allongés et l'axe des hanches qui garantit un rayon de rotation optimal du marteau**
2e phase principale B Phase de rotation en double appui	**-Accélération principale de l'ensemble du système lanceur/marteau résultant de la détorsion du corps suite à la torsion créée dans la phase précédente**	**-Pose active du pied droit de plus en plus sur la plante au fil des tours -L'écart entre les appuis se réduit de tour en tour -Le point bas du marteau se décale vers la gauche -Détorsion active du corps -Large rayon de rotation du marteau -Contre position du bassin -Haut du corps incliné en avant -Le pied décolle de plus en plus tôt au fil des tours -Phase plus longue en durée que celle à un appui**
Phase finale	**-Accélération finale du marteau en prenant soin de ne pas raccourcir le rayon et en cherchant à obtenir un angle de projection d'environ 44°**	**-Pose active du pied droit sur la plante -Position la plus basse du centre de gravité -La jambe droite continue de pivoter en direction du lancer -Détorsion du corps -Avancée de la hanche droite vers la gauche en s'appuyant contre le côté gauche du corps fixé -Le lanceur précède le marteau -Blocage de l'avancée de la hanche quand l'axe des hanches pointe en direction du lancer -L'extension des jambes commence avant que le marteau n'atteigne son point bas -Action de fouetté des bras allongés lors de la finale**
Reprise d'équilibre	**-Eviter de mordre le jet**	**-Changement de pied et abaissement du centre de gravité**

3. LE MODELE TECHNIQUE

Youri SEDYCKH
(Union Soviétique)
Champion Olympique 1976 et 1980 ,
Champion du monde 1991
taille : 1,85m
poids : 110kg



Le kinogramme montre le jet record du monde de Sedyckh à 86,74m
Photos 1-3 Entrée dans le 1er tour
Photos 4-9 1er tour
Photos 10-15 2e tour
Photos 19-24 3e tour et finale

Avant de débuter le 1er tour , Sedyckh exécute 2 moulinets (qui ne figurent pas ici) . Il a choisi la forme de départ avec le marteau posé sur le sol à sa droite dans le cercle derrière lui. Les moulinets sont exécutés de manière rythmique avec une vitesse croissante et le marteau décrit une circonférence aussi large que possible. Cela confère au marteau une pré accélération optimal en même temps qu'une longueur optimale du rayon de rotation .

Sedyckh utilise 3 tours. Cela nécessite une "montée" rapide de la capacité d'accélérer rapidement le marteau. A la différence des lanceurs sur 4 tours , le 1er tour est réalisé avec pivot sur talon gauche.

Les photos 1-3 montrent l'entrée dans le tour qui est déterminante pour la suite du lancer. Sedyckh oriente la conduite du mouvement des bras vers les jambes. L'accélération du marteau seul est alors transmise à l'ensemble du système lanceur/marteau . Les bras sont allongés au passage point bas et cette extension va se maintenir tout au long des tours (Phot 2)

La tête est droite et suit le marteau pendant l'ensemble du lancer. Youri Sedyckh se tient dos à la direction de lancer au bord de la partie postérieure du cercle et avec les pieds un peu plus écartés que la largeur d'épaules.

Après que le marteau ait dépassé le point haut du 2eme moulinet (Avant photo 1) , il commence l'entrée. Du point haut au point bas le lanceur libère la tension qui a été créée entre les axes des hanches et des épaules (Phot 1-2) et abaisse son centre de gravité.

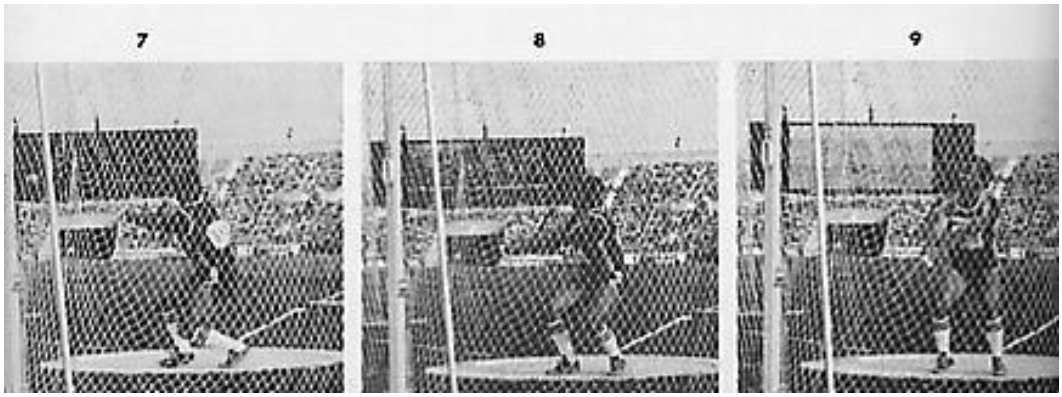
Il prend une position assise. De plus le centre de gravité se déplace latéralement progressivement vers la jambe gauche de pivot (phot 2-3) par une action de la jambe droite. La rotation des 2 pieds en direction du lancer débute au moment où le marteau atteint son point bas.

A la fin de l'entrée , il y a une impulsion puissante de la jambe droite qui fait quitter le sol au pied droit alors que l'angle de rotation du marteau a atteint 50-60° et qui permet de transférer le poids du corps du lanceur sur sa jambe gauche de pivot (Phot 3-4)

La phase de rotation sur un appui du 1er tour suit (Phot 4-6)

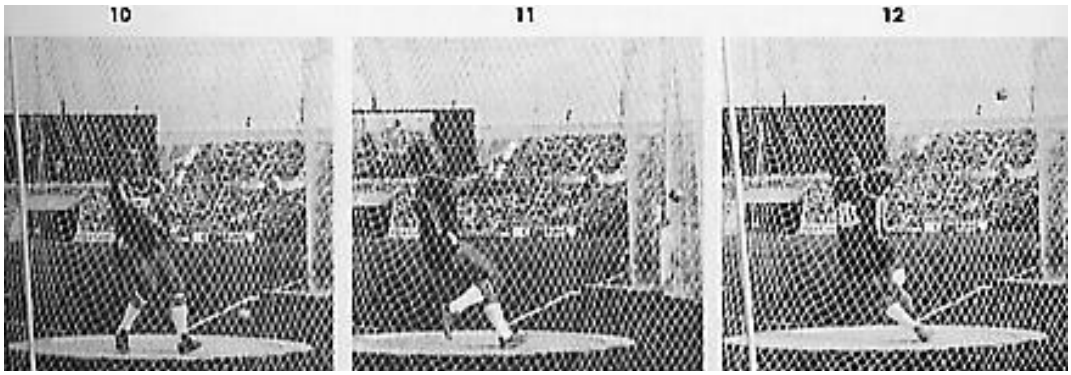
Lors de cette phase , il n'est pratiquement pas possible au lanceur d'accélérer le marteau. C'est pourquoi , il essaie qu'elle soit la plus brève possible afin de pouvoir agir de nouveau activement sur le marteau dans la phase de rotation en double appui. Après l'impulsion de l'avant plante du pied droit , le pivot gauche s'effectue d'abord sur le talon , puis sur le bord externe et enfin sur l'avant plante du pied ("Tour talon pointe")

Le bas du corps "prend de l'avance " sur l'engin ce qui crée de nouveau une torsion essentielle. Le genou gauche est tourné activement vers l'extérieur et le bas. Le pied droit passe très prés et très bas autour de la jambe d'appui et est posé activement et tôt par la plante , à environ 240° du chemin de lancement du marteau (Phot 7)



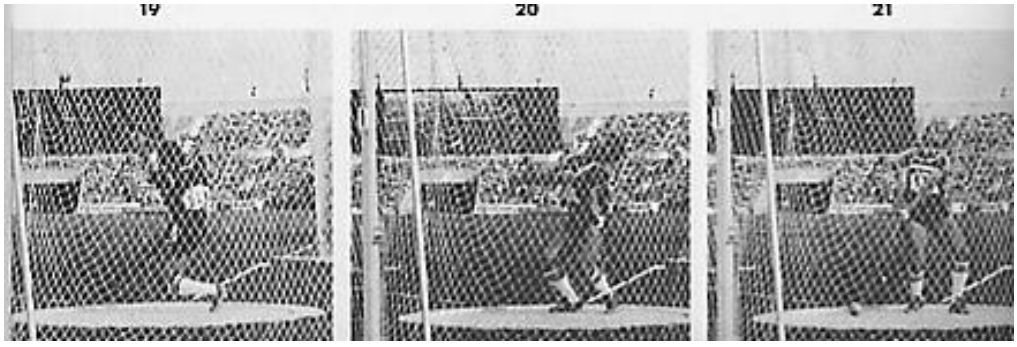
En contraste avec l'ancienne technique , le pied droit de Sedyckh ne se pose pas parallèlement au pied gauche mais à environ 10cm en direction du lancer de manière à débuter la phase de double appui plus tôt. Le bassin (en gros le centre de gravité du lanceur) effectue un contre mouvement par rapport au chemin de lancement circulaire du marteau : au moment où le marteau est à son point haut , les hanches sont à leur point le plus bas afin de pouvoir contrebalancer les forces centrifuges.

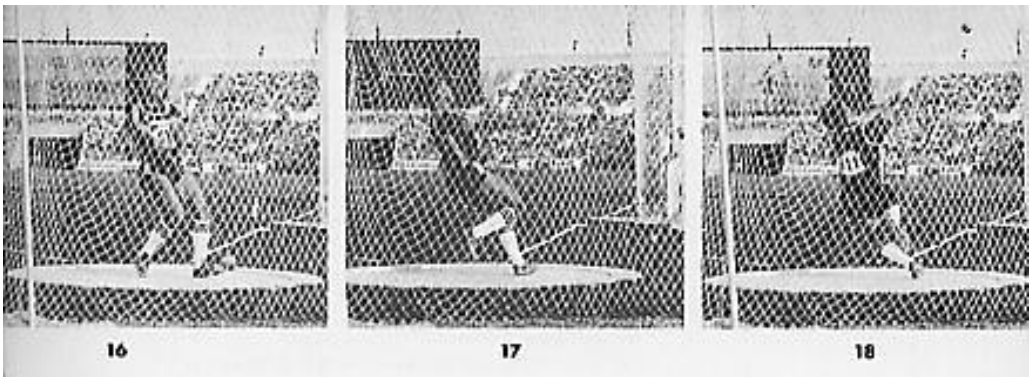
Les photos 7 à 10 représentent la phase de rotation en double appui au cours de laquelle Sedyckh agit sur le marteau pendant plus de 180° de son chemin de lancement. Cela s'effectue tout d'abord par la détorsion des axes des hanches et des épaules aussi bien que par une action active des appuis : le pied droit , aussi bien que la jambe gauche ne restent jamais passifs au sol mais continuent de manière exemplaire la rotation en direction du lancer. Le centre de gravité de Sedyckh se relève au moment où le marteau atteint son point bas , de manière une nouvelle fois à être capable d'équilibrer les forces centrifuges.



Dans les photos 10 et 11 , Sedyckh entre dans le second tour. Le 2^{e} et le 3^{e} tour sont semblables au 1^{er} mais , du fait de l'augmentation de la vitesse de rotation , ils en différent de la façon suivante : l'augmentation des forces centrifuges fait q'il abaisse encore plus son centre de gravité , la génuflexion devient plus prononcée (phot 7 ,13 et 19). La jambe droite passe de plus en plus prés de la jambe d'appui gauche car un déplacement réduit prend moins de temps (phot 7 ,14 et 20). Le point bas du marteau se décale progressivement en direction du lancer par rapport au prolongement des orteils du pied droit à chaque tour (phot 2) pour se retrouver face au lanceur (Phot 21).

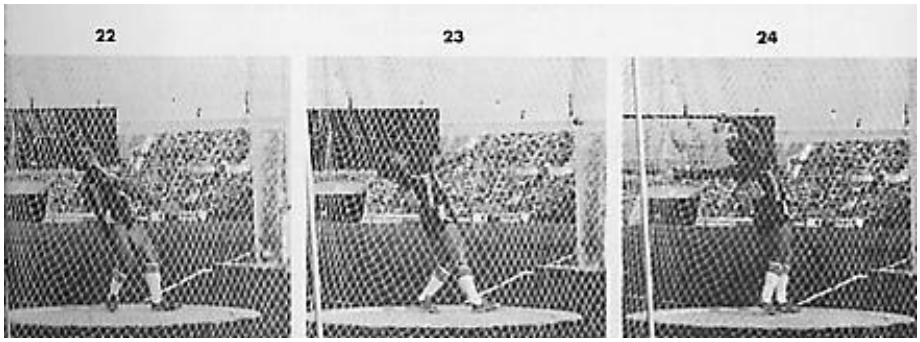
Afin d'allonger le chemin de lancement lors de la finale , Sedykh lève sa jambe droite de plus en plus tôt en relation avec l'angle de rotation du marteau (Phot 3 , 10 et 16) et le pose également plus tôt (Phot 7, 14 et 20)
La finale (Photo 20-24) commence par une pose précoce et active du pied droit. Les jambes très fléchies , Sedyckh accélère tout d'abord le marteau jusqu'à son point bas. le travail des appuis se poursuit comme si il allait effectuer un tour supplémentaire. Un peu avant le point bas se situe l'extension des jambes qui poussent de manière explosive les hanches en direction de la jambe gauche.





A la fin du mouvement , au moment où l'axe des hanches pointe pratiquement en direction du lancer , se situe le "blocage lanceur" . Par l'action puissante des muscles des jambes et du dos , les membres inférieurs sont arrêtés , "bloqués" pour ainsi dire , et l'énergie cinétique peut être transmise aux membres supérieurs.

Le côté gauche du corps est en extension et fixé à partir du talon de la jambe gauche (Phot 23). La tête est en arrière et les bras s'élèvent au dessus de la tête. Le marteau quitte les mains au niveau de la hauteur des épaules. La photo 24 montre que , en dépit de l'intensité des forces centrifuges , Sedyckh se trouve dans une position stable et , du fait de son excellente technique, il n'a aucun problème pour recouvrer son équilibre prés du bord antérieur du cercle.



4. DES DONNEES ET DES FAITS

Aspects particuliers du lancer de marteau féminin

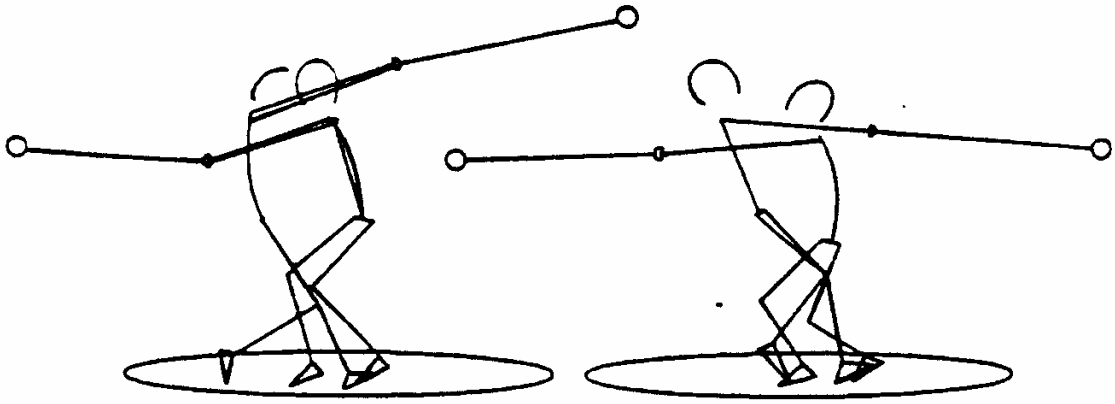
Les lanceuses de marteau féminines s'efforcent d'atteindre les mêmes objectifs que leurs collègues masculins et c'est pourquoi dans les 1ère progressions d'initiation on aura les mêmes objectifs techniques que décrit ci dessus. Cependant les différences entre les sexes jouent sur les conditions de réalisation technique du fait que l'engin féminin de compétition est plus léger , de la masse corporelle et du niveau de force maximale inférieures chez les féminines , tout comme du niveau technique encore faible des lanceuses actuelles. Malgré l'engin plus léger , un rayon du chemin de lancement plus court et une vitesse de rotation plus faible (voir tableau 2) ainsi que des vitesses d'éjection moins grandes caractérisent les lanceuses. Leur poids de corps plus faible ne peut s'opposer efficacement aux forces centrifuges lors des tours et influe sur la position du marteau et du corps au décollage et à la pose de la jambe droite pendant les tours. (Voir fig 10)

Tableau 2 : Durée des tours de Youri Sedyckh et des meilleures lanceuses de marteau allemandes (D'après BARTONIETZ 1994)

Athlète	Perf	Durée des tours (sec)			
		1er tour	2e tour	3e tour	Total
Youri Sedyckh	84,92m	0,51	0,42	0,50	1,43
	82,34m	0,55	0,42	0,50	1,47
	75,40m	0,60	0,50	0,50	1,60
Simone Mathes	53,28m	0,52	0,52	0,52	1,56
	48,90m	0,62	0,50	0,52	1,64
Angelika Lindemann	50,22m	0,62	0,46	0,58	1,66

M.Grosse-Rammelkamp	**50,60m**	**0,62**	**0,54**	**0,56**	**1,72**
Margot Kruber	**48,06m**	**0,64**	**0,50**	**0,54**	**1,68**

Les différences dans le mouvement découlent en particulier du poids plus léger du marteau en interaction avec le niveau plus faible d'habileté gestuelle. En découlent pour l'entraînement les caractères particuliers et les conséquences suivants :



Réalité **Modèle**

<u>Figure 10 :</u> Positions du marteau à la pose et au décollage du pied droit (Vue de derrière)
à gauche : lanceuse féminine (niveau 50m) à droite : Modèle à réaliser :Position du corps et du marteau dans un jet de Youri Sedyckh (d'après BARTONIETZ 1994)

-Le développement de la force spécifique est d'autant plus important que force et technique forment un tout indissociable ; cela s'applique en particulier pour l'accélération de l'engin suivant un large rayon de rotation

-Les lanceuses féminines ne sont généralement actuellement pas capables de réaliser une phase de double appui (qui le moment le plus important pour l'accélération) plus longue que la phase de rotation sur un appui . Il faut donc augmenter l'action du côté droit du corps après que le marteau ait dépassé son point bas.

-L'augmentation de la force des jambes augmente leur capacité à produire de l'accélération ; les temps d'appui , l'amplitude des pas ainsi que les positions au décollage et à la pose des appuis en sont d'autant influencés de manière positive.

-Un large rayon de rotation du chemin de lancement du marteau influe sur les forces centrifuges et doit de ce fait avoir priorité sur le désir de produire une forte vitesse de rotation comme on peut le faire quand on utilise un rayon plus petit (par exemple en tirant en flexion des bras)

<u>Lancers de marteau avec poids et longueurs de câbles variables</u>

La réalisation de l'objectif technique dépend des capacités de force spécifique. Toute carence dans le niveau de ces capacités aura une influence négative sur la technique. En conséquence , l'utilisation d'engins de différents poids prévaut maintenant dans l'entraînement technique. Quand le poids du marteau change , les conditions de travail des groupes musculaires concernés dans l'accélération changent de manière substancielle : plus lourd est le poids et plus courte sera la longueur totale de l'engin.

Lors des lancers avec des engins de poids différents , 2 objectifs principaux seront recherchés :

1. **Empêcher l'installation d'une "barrière de vitesse" neuro physiologique . Eviter de produire un stéréotype moteur (même avec une bonne technique) . Un tel stéréotype empêchera d'atteindre un niveau élevé de vitesse du marteau ou tout au moins risque d'en perturber sensiblement l'accés. A cet effet , on utilise les marteaux plus légers que l'engin de compétition (H : 4 , 5 , 6,25kg / F : 2,5 , 3 , 3,5kg)**

2. **A l'opposé de cela , il sera possible de développer le niveau de force spécifique par l'utilisation des marteaux lourds , mais plus courts. On utilise à l'entraînement des engins de 8, 9 ,10 , 12,5 , 15 et 17,5kg chez les lanceurs confirmés et chez les femmes , dans le même but , des engins de 4,5 , 5 , 6,25 , 7,26 et 8kg. Dans ce contexte BARTONIETZ (1991) met en évidence une importnate corrélation. L'énergie cinétique du marteau en tant que l'un des paramètres biomécaniques les**

plus essentiels n'augmente , chez les hommes que jusqu'à un poids de 8kg. Dans les lancers avec des marteaux de 9 et 17,5kg avec câble court on peut constater une diminution de l'énergie cinétique. Le pourcentage de réduction de la longueur du câble devra donc , en conséquence , être moindre que le pourcentage d'augmentation du poids de l'engin. Avec des engins lourds mais plus courts , il est possible de développer les capacités de force spécifique mais pas – directement ou indirectement – la vitesse de rotation.

Bref rappel des conséquences pour l'entraînement :

-L'utilisation des marteaux plus lourds sert au développement des capacités de force spécifique

-L'utilisation des marteaux plus légers permet de développer une capacité gestuelle d'exécution plus rapide (Vitesse de rotation) et d'empêcher ou déplacer le phénomène de la barrière de vitesse.

-L'utilisation d'engins de poids différents à l'entraînement doit toujours être réalisée en faisant attention aux exigences techniques.

-Le développement de la capacité de force spécifique et du niveau d'exécution technique , de même que l'amélioration de la souplesse des hanches et des épaules doivent être accentués de la même manière et ne pas être soumis uniquement à l'entraînement aux lancers avec des engins de poids variables.

-Le pourcentage de jets avec des poids variables peut atteindre 50% de l'ensemble des jets réalisés à l'entraînement (D'après BARTONIETZ 1991)