

# LANCER DU DISQUE 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

La vitesse d'éjection et l'angle de projection de l'engin, facteurs qui dominent tous les lancers, sont également de la plus grande importance au lancer du disque. Les différents aspects caractéristiques du chemin d'accélération et le timing qui en résulte sont le point central des facteurs biomécaniques du lancer de disque.

En plus de la nécessité de produire la plus grande vitesse d'éjection possible, responsable de plus de 75% de la distance réalisée, la capacité de l'athlète à tirer parti au mieux des caractéristiques mécaniques et aérodynamiques de l'engin de compétition, est également importante. Plus encore que dans les autres disciplines, les forces agissant en l'air ont une grande influence sur le comportement de l'engin pendant sa trajectoire et de ce fait sur la performance réalisée. Elles résultent de :

- La forme géométrique du disque qui est comparable à une aile circulaire
- La magnitude et la direction de la vitesse d'éjection
- La position de vol stable prise par le disque lors d'un bon jet

Les plus importants facteurs physiques du vol du disque et l'effet limitant qu'ils peuvent souvent avoir sur la performance sont expliqués plus en détail dans le chapitre "comportement en vol". De la même manière que l'on peut faire référence à différentes phases dans la description de la technique moderne de lancer du disque ; 3 parties biomécaniques et 5 phases du mouvement peuvent être distinguées (D'après SCHLÜTER / NIXDORF 1984)

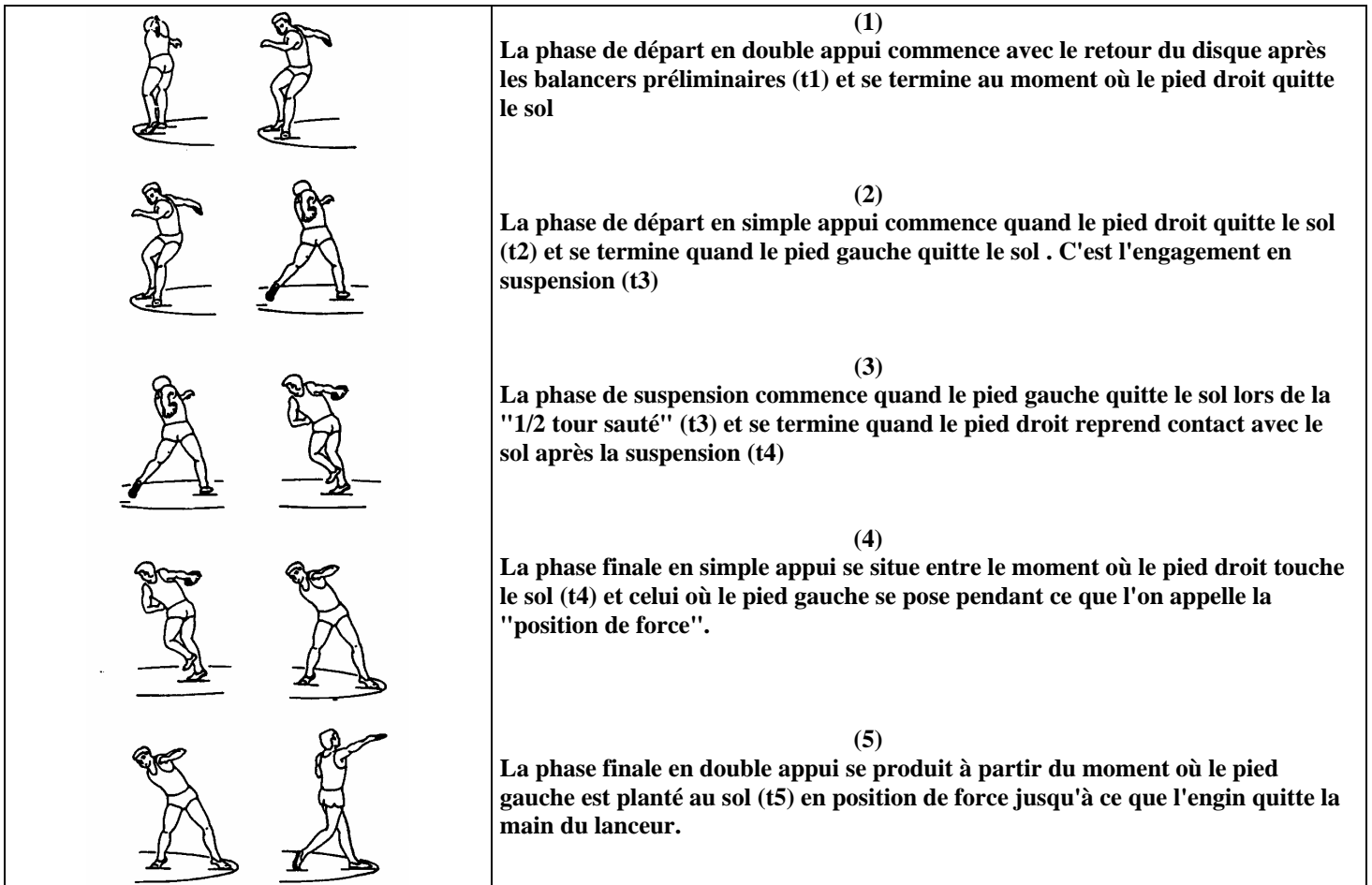
*Tableau 1 : Différentes parties du mouvement du lancer du disque*

Parties du lancer	Phases du lancer	
	Description biomécanique	Description technique
Départ	(1) Phase de départ en double appui (t1-t2)	Mise en action initiale
	(2) Phase de départ en simple appui (t2-t3)	Pivot et
Préparation à la finale	(3) Phase de suspension (t3-t4)	engagé en suspension
	(4) Phase finale en appui simple (t4-t5)	Position de force
Finale	(5) Phase finale en double appui (t5-t6)	tirade finale et reprise d'équilibre

La 5<sup>e</sup> phase (reprise d'équilibre) s'applique de la même manière aux lanceurs qui terminent en suspension ou sur un appui.

Les coupures entre les phases t1 à t6 correspondent aux passages caractéristiques du lancer du disque entre double appui, simple appui et suspension et peuvent être définies comme suit (d'après BAUERSFELD / SCHRÖTER 1970 et SCHÖLLHORN 1989)

**Figure 7 : Succession des phases du lancer de disque**



### Le chemin d'accélération

A la différence du lancer de javelot , les règlements du lancer et l'aire d'élan circulaire ne donnent pas au lanceur la possibilité d'accélérer l'engin tout au long d'une longue course d'élan. Au lancer du disque , cependant , différentes variations de la volte se sont développées dans l'intention de rechercher un chemin d'accélération optimal.

On verra ci dessous plus en détail les aspects biomécaniques les plus importants du chemin d'accélération (longueurs) et la durée des phases du mouvement (temps) :

Avant tout , l'amplitude du chemin d'accélération finale influence de manière décisive la vitesse avec laquelle le disque sera projeté.

Cependant , il est difficile de dire quelle est la longueur de chemin d'accélération la plus efficace durant la finale ; chaque lanceur choisira son chemin d'accélération propre en fonction de sa force et de ses caractéristiques morphologiques. Il faut noter , cependant , que le chemin suivi par le disque au début de la volte n'a que peu d'impact sur la performance réalisée.

La figure 8 montre un chemin d'accélération typique du disque , vu de dessus (a) et vu de côté (b) mais il faut savoir que les différences individuelles peuvent être importantes , même chez les lanceurs de haut niveau. Il n'est pas rare de voir des chemins très larges qui dépassent nettement le niveau de la bordure du cercle.

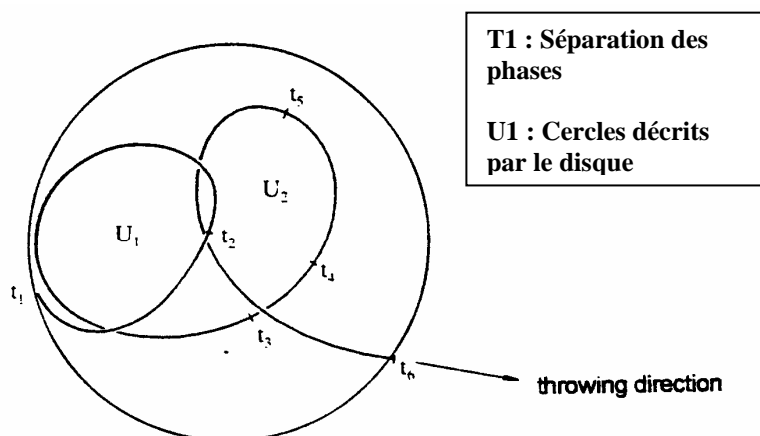


Figure 8 (a) : Chemin de lancement du disque vu de dessus (D'après SCHÖLLHORN 1989)

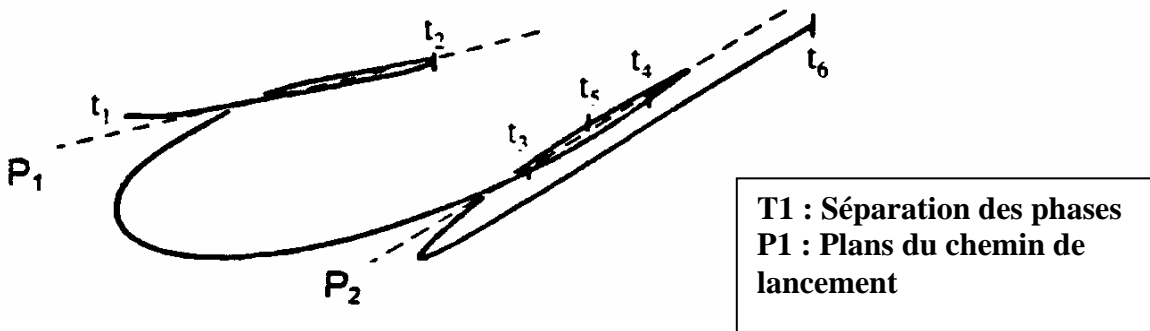


Figure 8 (b) : Chemin de lancement du disque vu de côté (D'après SCHÖLLHORN 1989)

- Le disque effectue plus de 2 révolutions complètes (U1 , U2)
- Le disque quitte la main du lanceur pratiquement à la hauteur de la bordure du cercle (T6)
- Lors de sa 2<sup>ème</sup> révolution , le disque suit un chemin (cf fig 8b , P2) qui correspond à l'angle de projection

dans la position de force , l'élément technique le plus important avant que s'effectue l'accélération finale , est la torsion du corps . C'est à dire la position du bras lanceur et de l'engin par rapport aux axes des hanches et des épaules et à la direction du lancer. Les différentes positions illustrées dans la figure 9 , avec torsion maximale (a) et avec une pré tension incomplète (b) montrent bien les éléments caractéristiques suivants de la technique :

Notes sur (a) :

La torsion maximale est obtenue par la pré tension complète des muscles de la poitrine quand :

- Le genou droit est pointé en direction du lancer
- L'axe des épaules fait un angle de 90° par rapport à la direction de lancer
- Le bras droit et l'engin sont tenus loin en arrière de la ligne d'épaule
- Le bras gauche est fermé à l'opposé de la direction de lancer et complètement relâché

La rotation des hanches qui débutera la finale proprement dite est suivie par la rotation des épaules et l'action du bras.

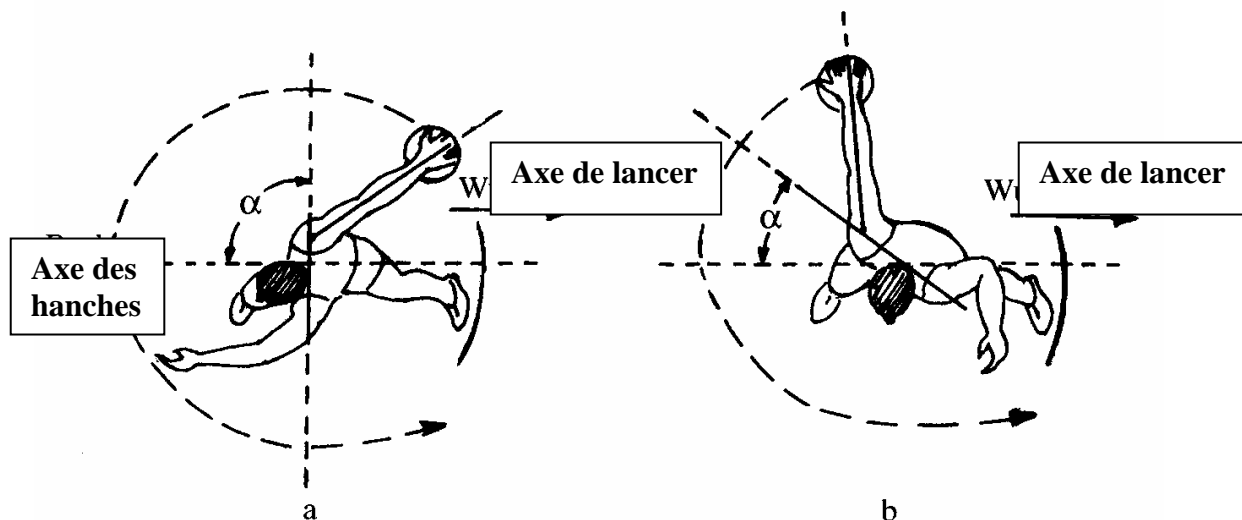


Figure 9 : La position de force au lancer du disque : (a) et (b) – exemples de la torsion du corps

Notes sur (b) :

Un pré tension incomplète se produit quand :

- L'angle entre la ligne d'épaules et la l'axe des hanches est relativement faible
- Le bras droit n'est pas tenu assez loin en arrière (il ne "traîne" pas assez)

Cela signifie que la puissance venant de la rotation des hanches ne peut être transférée immédiatement à l'engin. le chemin d'accélération du disque lors de la finale est beaucoup plus court et l'utilisation de la puissance des jambes relativement faible. Le timing des différentes phases du geste de lancer de disque a été la matière à de nombreuses investigations . le tableau 2 compare les résultats obtenus par BAUERSFELD/SCHRÖTER (1986) et SCHLÜTER/NIXDORF (1984)

**Tableau 2 :** Part en pourcentage prise par les 5 phases du mouvement pendant l'ensemble du geste de la finale

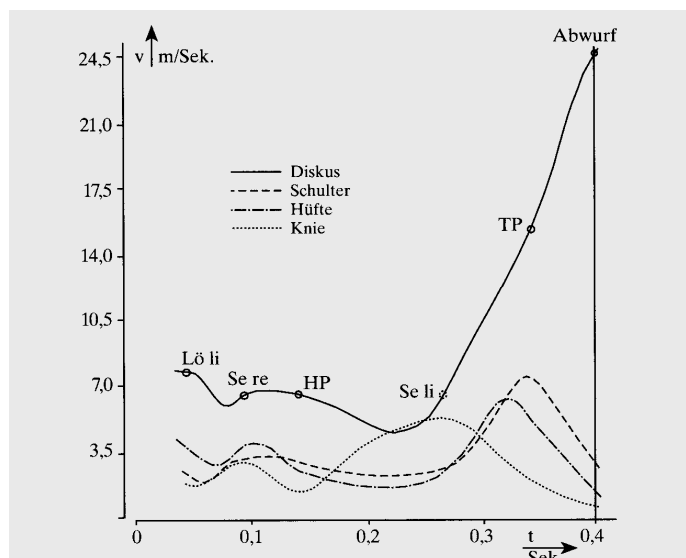
Phase du mouvement	Données de BAUERSFELD / SCHRÖTER	Données de SCHLÜTER / NIXDORF
1-Phase de départ en double appui	env 35%	40%
2-Phase de départ en simple appui	env 30%	29%
3-Phase de suspension	= ou - de 10%	6%
4-Phase finale en simple appui	env 10-12%	13%
5-Phase finale en double appui	--	12%

Après cette répartition en pourcentage des différentes parties du mouvement (Phases 1-5) on peut constater que 2/3 servent à l'accélération initiale (Phases 1-2) et environ 1/3 pour l'accélération finale (Phases 3-5)

En accord avec cela , la littérature souligne la grande importance des 3 dernières parties du mouvement , c'est à dire la variation de vitesses qui se produit pendant les phases de suspension et de finale en appui simple puis double ; ceci afin de créer une forte vitesse d'éjection.

La figure 10 montre le mode caractéristique de la relation vitesse-temps du disque et de différentes parties du corps pendant les 3 dernières phases du mouvement (Finale)

**Figure 10 :** relation vitesse-temps du disque et de différentes parties du corps (D'après GRUNDLACH)



Une forte vitesse d'éjection est produite si la vitesse de l'engin est conservée pendant la phase de suspension

- Une petite baisse de vitesse se produit pendant la phase finale en appui simple , cependant , elle peut être compensée lors de l'accélération finale qui suivra. Une augmentation trop importante de la vitesse dans cette phase peut diminuer la performance.
- Vers la fin de la phase finale en appui simple , la vitesse du bas du corps doit être bloquée afin de réaliser le transfert optimal d'impulsion du bas du corps vers le haut du corps (Tronc , bras lanceur)

- Le bras lanceur doit être nettement maintenu en arrière pendant la phase de suspension et la rotation du corps au moment de la phase de finale en simple appui . (On l'appelle "laisser traîner le disque")
- La réalisation de la plus grande torsion possible entre le bas du corps , le tronc et le bras lanceur doit se produire au moment où le lanceur arrive en position de force.
- Une démarrage prématuré du lancer pendant la phase finale en simple appui a pour résultat de raccourcir le chemin d'accélération final et de réduire l'efficacité du transfert des impulsions – ce qui a un effet négatif sur la vitesse d'éjection.

### Comportement en vol

Après avoir quitté la main du lanceur , le disque est soumis à la gravité et à différentes forces aériennes qui affectent la performance beaucoup plus que dans les autres lancers. Du fait de sa forme et de sa surface large en comparaison avec son volume et son poids , l'engin se comporte comme un aérofoil. Les conséquences en sont des déviations dans la direction du mouvement du disque après le lâcher. L'impulsion de rotation qui a été transmise au disque au moment de quitter la main le fait tourner sur lui même à 5-8 tours par seconde. C'est suffisant pour lui donner une position de vol stable. Cela maintient son axe central (cf axe A dans la fig 11) comme axe de rotation pendant le vol . La vitesse de rotation ne change pas pendant l'ensemble du vol. Si la rotation est trop lente , le disque "flotte". La position du disque en vol peut être définie en utilisant 3 angles , fig 11 :

- $\alpha$  Flugwinkel
- $\beta$  Anstellwinkel
- $\gamma$  Angriffswinkel ( $\gamma = \beta - \alpha$ )
- v Geschwindigkeitsvektor
- D großer Durchmesser des Diskus (Geräteachse)
- A Figurenachse

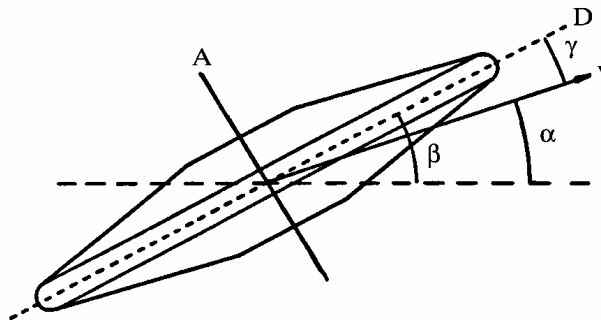


Figure 11 : Définition des angles de la position du disque en vol (D'après SCHÖLLHORN)

...Angle de projection...Angle d'attitude...Angle d'attaque

V = Vecteur vitesse D = Diamètre du disque (Axe de l'engin)      A = Axe central

- Angle de projection : Angle entre le vecteur vitesse (v) et l'horizontale
- Angle d'attitude : Angle entre l'axe de l'engin (D) et l'horizontale
- Angle d'attaque : Différence entre angle d'attitude et angle de projection

Un disque ira à la distance maximale quand la résistance de l'air est minimale et la poussée relativement forte.

TUTOWITSCH (1978) et BARTONIETZ (1984) donnent les valeurs optimales de ces différents angles importants :

- 35-37° pour l'angle de projection
- 10-15° pour l'angle d'attaque ; l'inclinaison du bord arrière du disque doit être à 10-15° inférieure à la trajectoire décrite par le centre de gravité

Ces valeurs sont valables quand il n'y a pas de vent mais changent suivant la direction de celui ci et son intensité :

-Avec un vent plein arrière , l'angle de projection optimal est plus important (Plus de 40°) et l'angle d'attaque plus petit , avec un vent de face , l'angle de projection est plus plat (moins de 30°) et l'angle d'attaque plus important.

-Avec vent de face , les fautes d'angle de projection peuvent être la cause de plus grandes pertes de distances que lors d'un vent arrière.

-Avec un vent latéral venant de gauche , le lanceur doit essayer de placer son engin "hors du vent" c'est à dire que vu du lanceur , le bord droit du disque doit être abaissé en direction du lancer.

D'autres recherches sur les caractéristiques aérodynamiques du vol ont conduit à des observations spécifiques intéressantes :

\*Le disque féminin fait preuve de caractéristiques plus positives en vol . Sa faculté plus grande d'être soulevé vient du fait qu'en comparaison de son poids , la portance du disque féminin en l'air est plus importante de 65%.

\*Le vol du disque masculin est plus tranquille du fait de son "top spin" plus prononcé. En conséquence , il est toujours possible de lancer par vent de face très fort , ce qui devient presque impossible avec le disque féminin.

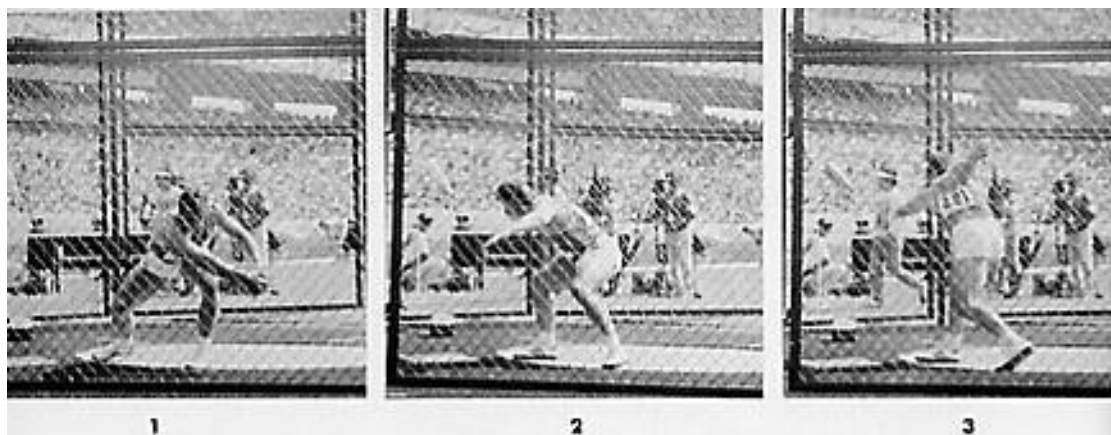
## 1.1 ASPECTS BIOMECHANIQUES

### Exigences biomécaniques

### Conséquences pour l'entraînement

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accélération initiale optimale du système "lanceur-engin"</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Balancers préliminaires fluides , abaissement du centre de gravité</li> <li>-Début du pivot avec des muscles bien relâchés</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réalisation de la torsion entre les axes des épaules et des hanches et entre l'axe des épaules et le bras lanceur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rotation extérieure du genou gauche , maintien en arrière de l'épaule droite et du bras lanceur avec l'engin</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réalisation la plus rapide possible de la phase de suspension</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Impulsion horizontale de la cheville gauche , reprise d'appui rapide du pied droit.</li> <li>-Phase de suspension brève avec action en "coup de patte" du bas de la jambe droite.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Augmentation de la torsion</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Rotation continue du pied droit sur l'avant plante , maintien en arrière du bras lanceur et de l'engin , regard en arrière de la direction de lancer , pose à plat du pied gauche.</li> <li>-Rotations avec aide d'un partenaire , bras en arrière.</li> <li>-Volte en marchant avec action directrice rapide des jambe et de la hanche , épaules et bras lanceurs en arrière</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Réalisation d'une position optimale de lancer pour le lanceur et l'engin avant le début de l'accélération finale du disque (= position de force optimale)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Jambe droite fléchie , axe des hanches en direction du lancer axe des épaules à 90° , angle du bras lanceur à plus de 270° de la direction de lancer , flexion au niveau de la hanche.</li> <li>-Imitations d'impulsions en phase de suspension sur une ligne droite avec contrôle permanent de la position de lancer</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Accélération finale maximale de l'engin</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Extension-rotation explosive , poussée de la jambe droite et blocage de la gauche , avancée de la hanche droite , accélération de l'engin suivant un arc de cercle large</li> <li>-Exercices de renforcement spécifiques des muscles extenseurs du tronc</li> </ul>

## 2. MODELE TECHNIQUE



Jürgen SCHULT (Allemagne) Champion olympique 1988 Taille 1,93m Poids : 110kg

Jürgen SCHULT effectue un mouvement initial extrêmement bas avec une forte flexion des genoux (Photos 1 , 2) . Lors du balancer préparatoire (3) , il y a une forte torsion entre les axes des hanches et des épaules. La main droite qui tient l'engin vient pratiquement à la verticale du pied gauche.

Le poids du corps est transféré sur la jambe gauche (4 et 5). il ouvre activement le genou gauche en direction du lancer tandis que l'axe des épaules et le bras lanceur restent en arrière (4).

La jambe libre passe loin au delà de la bordure du cercle (5) puis est ensuite amenée vers l'avant par un mouvement en forme de "shoot" et , continuant son chemin , elle est ramenée près de l'axe du corps avant d'augmenter la vitesse angulaire.

Le bras gauche ramené près du corps contribue à la fermeture du côté gauche (6).

Au moment du décollage dans la suspension , la jambe gauche n'est pas allongée , l'engagé bas est reconnaissable par son angle relativement faible (6). l'augmentation de la vitesse angulaire et l'impulsion rasante entraîne une phase de suspension brève (7). cette phase dure seulement 0,06 sec chez SCHÜLT.

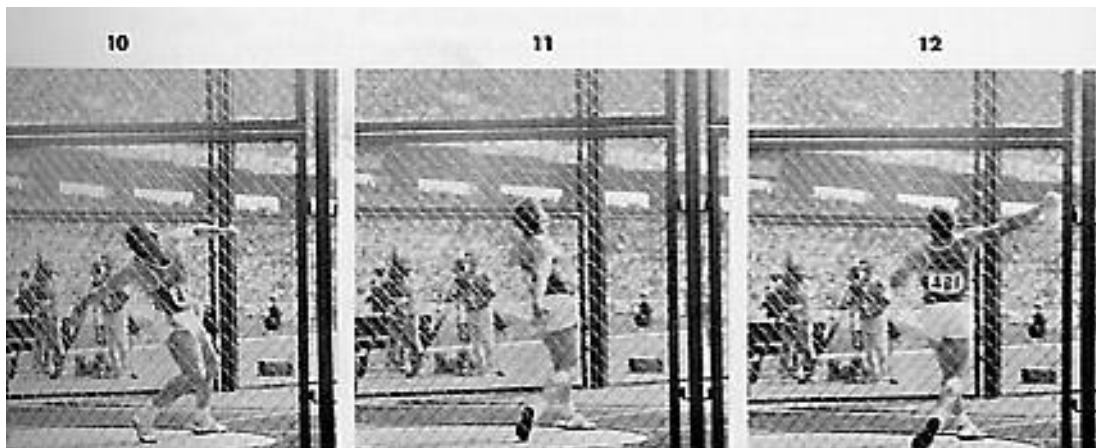
Il plante le pied droit rentré vers l'intérieur sur l'avant plante du pied et continue à pivoter (8-10)



On peut constater un léger amortissement à la reprise d'appui après la suspension sur la photo 8 , le haut du corps est penché en avant , avec le centre de gravité à la verticale du pied d'appui. Lors de cette phase SCHULT réalise la torsion maximale entre les axes des hanches et épaules et avec le bras qui est maintenu en arrière. Le mouvement assez ample décrit par la jambe gauche dénote une phase finale à un appui relativement longue.

La jambe gauche est plantée fléchie par l'ensemble de la semelle du pied et légèrement à gauche de l'axe de lancer (9-10)

L'action de la jambe droite a déjà contribué à l'avancée de la hanche au moment où la jambe gauche est plantée et crée la torsion souhaitée entre les axes des épaules et des hanches et par là une mise sous tension exemplaire (10). le disque se trouve à ce moment au point le plus bas de son chemin d'accélération.



### **3. DES DONNEES ET DES FAITS**

Performance , vitesse d'éjection , angle de projection , hauteur de lâcher , distance entre les appuis en position de force

Au lancer du disque , la distance réalisée dépend de la vitesse d'éjection , de l'angle de projection et de la hauteur du lâcher de l'engin.

Le tableau ci dessous contient les données concernant les finalistes des Jeux Olympiques de 1984 à LOS ANGELES

**Tableau 3 : Données sur les médailles d'or, d'argent et de bronze au lancer du disque lors des Jeux Olympiques de LOS ANGELES (D'après GREGOR, WHITING, Mc COY, 1985)**

Noms des lanceurs	Essai	Distance réalisée (m)	Vitesse d'éjection (m/Sec)	Angle de projection (°)	Hauteur de lâcher de l'engin (m)	Distance entre les appuis en position de force (m)
1. Danneberg (RFA)	1 <sup>er</sup>	64,74m	25,0 m/sec	34,2°	1,81m	0,75m
	4 <sup>e</sup> (a)	66,60	24,9	33,8	1,80	0,86
	6 <sup>e</sup>	66,22	24,5	36,2	1,79	0,85
	D*	65,85	24,8	34,7	1,80	0,82
2. Wilkins (USA)	1 <sup>er</sup>	65,96m	24,7m/sec	35,5°	1,77m	0,80m
	3 <sup>e</sup>	65,20	25,3	37,7	1,83	0,79
	5 <sup>e</sup> (b)	66,30	25,2	34,4	1,88	0,79
	D*	65,82	25,1	35,9	1,83	0,79
3. Powell (USA)	1 <sup>er</sup>	64,68m	24,6 m/sec	39,8°	1,62m	0,84m
	5 <sup>e</sup>	65,14	25,1	33,6	1,52	0,76
	6 <sup>e</sup> (c)	65,46	24,0	35,5	1,51	0,79
	D*	65,09	24,6	36,3	1,55	0,80
	GD*	65,59	24,8	35,6	1,73	0,80

(a) Jet médaille d'Or , (b) Jet médaille d'argent , (c) Jet médaille de bronze D\* = Moyenne GD\*\* = Moyenne générale  
Vitesses du disque

Le tableau ci dessous montre les accélérations du disque et sa vitesse lors des différentes phases chez les médaillés des Jeux Olympiques 1988 à SEOUL

Les vitesses données pour le disque (M/Sec) se situent au moment de séparation des phases

t 1 = Phase de départ en simple appui

t 2 = Phase de suspension

t 3 = Phase finale en simple appui

t 4 = Phase finale en double appui

t 5 = Ejection

SCHULT et UBARTAS augmentent nettement ou conservent leur vitesse alors que DANNEBERG ralentit lors de la phase t 4.

**Tableau 4 : Vitesse du disque (en m/sec) lors des séparations des phases (D'après KNICKER 1990)**

Nom	Performance	t 1	t 2	t 3	t 4	t 5
Danneberg	67,20m	5,1	9,9	11,4	8,0	25,2
Schult	67,40m	4,2	10,2	11,2	13,1	24,1
Ubartas	66,12m	6,4	8,5	8,6	10,8	26,0

#### Durée des phases

Le tableau ci dessous fait une analyse de la durée de chaque phase du lancer du disque des 3 médaillés des Jeux Olympiques de SEOUL en 1988. Les temps donnés en secondes ont trait aux phases suivantes :

Phase 1 : Phase de départ en simple appui

Phase 2 : Phase de suspension

Phase 3 : Phase finale en simple appui

Phase 4 : Phase finale en double appui

On peut remarquer que dans les phases 3 et 4 , DANNEBERG est très différent de SCHULT et UBARTAS

**Tableau 5 : Durée des différentes phases au lancer du disque (D'après KNICKER 1990)**

Nom	Performance	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5
Danneberg	67,20m	0,33	0,08	0,15	0,21	0,77
Schult	67,40m	0,40	0,06	0,28	0,13	0,87
Ubartas	66,12m	0,32	0,09	0,21	0,16	0,78