

<b>Zeitschrift:</b>	Jeunesse et sport : revue d'éducation physique de l'École fédérale de gymnastique et de sport Macolin
<b>Herausgeber:</b>	École fédérale de gymnastique et de sport Macolin
<b>Band:</b>	34 (1977)
<b>Heft:</b>	11
<b>Rubrik:</b>	Recherche, entraînement, compétition

#### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

#### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

#### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 25.02.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# RECHERCHE ENTRAÎNEMENT COMPÉTITION

Laboratoire de biomécanique de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich

## Analyse du décathlon par le film

A. Stacoff, H.-R. Kunz, S. Eisenring,  
B. Weideli et O. Capiaghi  
Adaptation française: N. Tamini

### Préambule

On nous rappelle encore et encore combien grande est l'exactitude scientifique qui préside à la recherche en matière de sport dans les pays de l'Est, et avec quel soin la préparation des athlètes y est menée.

En Suisse, les sciences sportives, la biomécanique tout spécialement, n'en sont encore qu'au stade du babillage. Depuis quelques années, pourtant, des efforts considérables ont été déployés dans le but de rattraper, en partie du moins, le retard accumulé. A l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich, par exemple, le laboratoire pour l'étude de la biomécanique a entrepris d'analyser un certain nombre de disciplines, parmi lesquelles se trouve aussi l'athlétisme (saut en longueur, saut en hauteur, saut à la perche, course de haies).

Comme il ne fut pas possible, principalement pour des raisons de temps, de planifier une étude sur plusieurs années, ces observations ont un caractère restreint et nettement délimité.

Le travail qui va suivre est un condensé de la première partie de quatre travaux de diplôme sur le décathlon olympique, la discipline «reine» de l'athlétisme. Par le film, il a été possible de décomposer les mouvements des décathloniens, de suivre leur déroulement et de les comparer avec ceux des spécialistes.

Il ne s'agit, en fait, que de la partie initiale d'une enquête à long terme, qui doit porter sur une période de 4 ans, et dont l'objectif bien précis est de donner à l'entraîneur des décathloniens d'élite et juniors suisses l'aperçu d'une étape de développement et d'évolution suffisamment longue pour qu'il puisse en retirer des indications susceptibles d'orienter la conception et l'élaboration des plans d'entraînement. Pour des raisons de place, ce résumé fait abstraction de toute évaluation.

A. Stacoff

Plusieurs études ont été faites, dans les laboratoires de biomécanique de l'Ecole polytechnique fédérale de Zurich, sur la base de documents filmés et ceci dans le cadre de travaux élaborés pour l'acquisition du diplôme II de maître d'éducation physique. Six disciplines du décathlon ont ainsi été analysées, à savoir:

- le 100 m
- le saut en longueur
- le saut en hauteur
- le 110 m haies
- le saut à la perche
- le lancement du javelot

Deux concours ont été filmés dans ce but: la rencontre Suisse – Allemagne de l'Est – Belgique – Hollande des 7 et 8 juin 1975, à Zoug, et le championnat national des 9 et 10 août 1975 à Zofingue.

Des mesures effectuées auprès de spécialistes (Borsow, Bernhard, Stones, Seagren, Wolfermann, etc.) servent de valeurs comparatives, étant entendu qu'elles ont été évaluées selon les mêmes critères. Précisons que cette enquête ne constitue que la partie initiale d'une étude qui doit s'étendre sur une durée de quatre ans. Son but n'est pas seulement de renseigner sur la capacité de performance actuelle des décathloniens Suisses, mais de fournir des indications susceptibles d'aider à l'élaboration de leur entraînement. Ce dernier point revêt une grande importance, tout particulièrement pour H.-R. Kunz, l'entraîneur national.

### 1. Méthode utilisée

Les prises de vue ont été faites à l'aide d'une caméra Bolex (50 images/sec.) et Locam (100 images/sec.) 16 mm. Les points d'ancrage des caméras ont constamment été choisis de façon à former un angle droit par rapport à la direction de mouvement des athlètes.

### 2. Les résultats

Les résultats chiffrés des concours de Zoug et de Zofingue sont consignés dans un tableau qui fait suite à cette étude.

### 3. Le 100 m

*Illustration 1: déroulement du mouvement lors d'une course de 100 m*

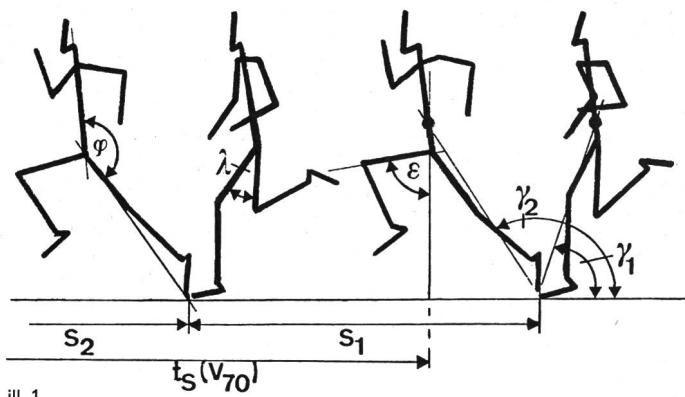
Les différentes grandeurs correspondent toujours à des valeurs mesurées dans le sens du mouvement.

Pour qu'il n'y ait pas d'effet de freinage au moment où le pied prend contact avec le sol, l'angle d'impact ( $\gamma_1$ ) doit être le plus grand possible.

Les excellents spécialistes que sont Borsow et Roberts sont moins longtemps en contact avec le sol que les décathloniens. Ceci a pour conséquence que l'angle d'impulsion ( $\gamma_2$ ) n'est pas très grand. On en déduit qu'une propulsion «rasante» ne favorise pas une meilleure accélération.

Pour devenir plus «vite», il faut donc que l'impulsion, par sa violence et son explosivité, raccourisse le temps de contact avec le sol. De même, pour que l'élévation du genou ( $\varepsilon$ ) soit la plus efficace, il faut qu'elle s'accomplisse dans le temps le plus bref possible. La grandeur de l'angle  $\varepsilon$  est également fonction du temps de contact avec le sol. Les bons coureurs mènent l'élévation du genou à terme durant la phase aérienne de la foulée, alors que les autres sont encore en contact avec le sol lorsque cette phase est terminée.

On a pu prouver, aussi, qu'il existait un rapport direct entre la rapidité du ramené de la jambe libre vers l'avant et le temps final d'une course de 100 m. Cela signifie que, au moment de la prise de contact avec le sol, l'angle  $\lambda$  doit être



ill. 1

le plus petit possible pour permettre un engagement efficace du genou. Sur ce point, la différence qui sépare les spécialistes de la plupart des décathloniens se situe entre 5 et 30 degrés.

A l'observation, on constate que les coureurs les plus rapides ont le *haut du corps* généralement plus fortement *incliné vers l'avant* que leurs adversaires plus lents (*angle d'extension du corps*  $\varphi$  formé par le tronc et la jambe d'appel très grand). Ainsi, la force d'impulsion déployée par cette jambe atteint avec plus de précision le centre de gravité du corps. L'angle  $\varphi$  est en relation étroite avec l'angle  $\gamma_2$  et avec le temps de contact avec le sol.

En général, les meilleurs coureurs se caractérisent par la grande longueur ( $S_1, S_2$ ) et la fréquence élevée de leurs foulées ( $t_g v_{70}$ ). Il est donc important de pouvoir améliorer ces deux qualités simultanément. Toutefois, il n'existe pas de valeur optimale sur ce point. L'important est donc que chaque sprinter parvienne à trouver le moyen d'adapter au mieux l'ampleur et la fréquence de ses foulées à sa propre constitution.

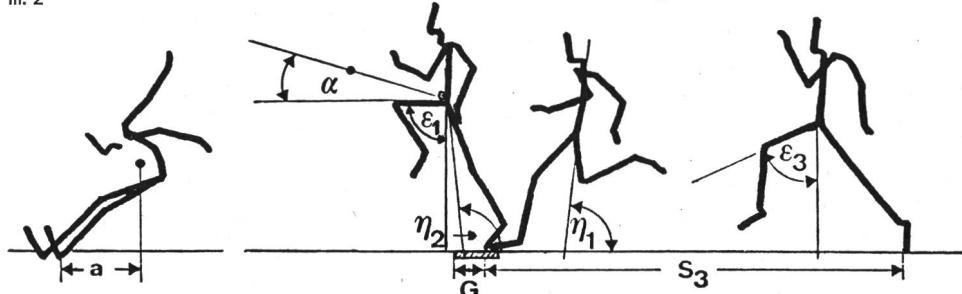
#### 4. Le saut en longueur

*Illustration 2: déroulement du mouvement lors d'un saut en longueur*

La *vitesse d'élan* revêt une importance capitale dans l'exécution du saut en longueur. Pourtant, elle ne le cède pratiquement en rien à une détente bien entraînée, ni à la technique d'impulsion et de réception qui doit être soignée jusque dans ses moindres détails.

L'angle d'élévation du genou ( $\varepsilon_3$ ) est un peu plus grand (quelques degrés) lors de l'élan d'un saut en longueur que lors d'une course de sprint, ceci pour faciliter la préparation de l'appel. Au moment où le pied prend contact avec la planche d'appel, le haut du corps est légèrement incliné vers l'arrière ( $\eta_1$ ).

ill. 2



Une position verticale, voire même une légère inclinaison du *haut du corps* vers l'arrière ( $\eta_2$ : jusqu'à 10 degrés chez Bernhard), jointe à une forte élévation du *genou de la jambe libre* ( $\varepsilon_1$ ) au moment de l'impulsion entraîne une légère rotation du corps vers l'arrière. Ce phénomène permet au sauteur de balancer plus efficacement ses jambes vers l'avant pour la réception. On a pu prouver que, comparativement aux décathloniens, les spécialistes parvenaient à gagner effectivement, ainsi, de 15 à 30 cm.

C'est pourtant l'*engagement optimal du genou de la jambe libre* ( $\varepsilon_1$ ) qui exerce la plus grande influence sur la performance. Sur ce point, l'angle obtenu par Bernhard (96 degrés) est de 4 à 20 degrés supérieur à celui des décathloniens.

*Longueur des foulées:* l'allongement de la dernière foulée (aller chercher la planche d'appel) se répercute négativement sur la performance. Par contre, on n'a pas pu démontrer qu'il en fût de même s'il s'agit de l'avant-dernière foulée.

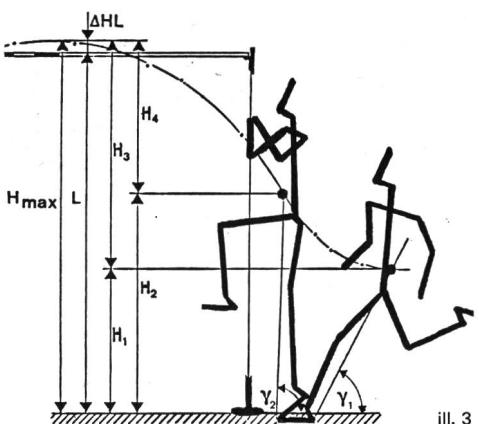
Il est évident que la *précision ou le manque de précision de l'appel* ( $G$ ) a pour conséquence le gain ou la perte de précieux centimètres. Il est étonnant de constater combien grande est la régularité et l'exactitude des spécialistes sur ce point. La différence qui sépare les points d'impact d'un saut à l'autre est pratiquement inexiste lorsque les conditions extérieures restent constantes.

L'*angle d'envol* ( $\alpha$ ) du centre de gravité du corps varie d'un sauteur à l'autre. Il semble que sa meilleure ouverture se situe entre 18 et 24 degrés. Un angle d'envol trop fermé ou trop ouvert (saut trop rasant ou trop ascendant) raccourcit la trajectoire effective.

La *distance d'atterrissement* ( $a$ ) est directement dépendante de la légère rotation du corps vers l'arrière provoquée par un appel impeccable. Comme nous l'avons déjà laissé entendre, une bonne technique de réception peut faire gagner jusqu'à 40 cm à un sauteur.

#### 5. Le saut en hauteur

*Illustration 3: l'appel lors d'un saut en Fosbury-flop*



ill. 3

Au saut en hauteur, chaque sauteur doit adapter sa *vitesse d'élan* de façon raisonnable à la qualité de sa détente et à sa maîtrise technique d'impulsion.

L'*angle d'impact* ( $\gamma_1$ ) et l'*angle d'impulsion* ( $\gamma_2$ ) sont en relation directe l'un avec l'autre. Il semble que leur ouverture optimale se situe entre 61 et 68 degrés pour le premier, et entre 86 et 90 degrés pour le second. En général, une prise d'appel impeccable permet aussi d'obtenir le meilleur angle d'envol.

Exprimé en paroles plutôt qu'en chiffres, ceci revient à dire que, au moment de la prise d'appel, le centre de gravité se trouve en retrait et le haut du corps assez fortement incliné vers l'arrière alors que, au moment de l'impulsion, ils sont à la verticale du pied d'appel (sans inclinaison vers la barre).

L'échec d'un saut en hauteur est étroitement lié, en Fosbury, à une mauvaise courbe d'élan, à un blocage insuffisant de la jambe d'appel et à une inclinaison du haut du corps vers la barre au moment de l'impulsion.

La *hauteur d'impulsion* ( $H_2$ ) dépend entre autres également de la taille du sauteur. Sur ce point, les grands bénéficient d'un avantage indiscutable.

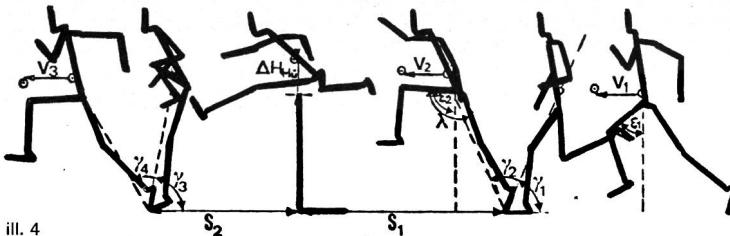
La *hauteur de vol* ( $H_4$ ) revêt une valeur de premier ordre pour atteindre une hauteur maximale. Elle est fonction de la détente et de la technique d'appel et d'impulsion (position verticale du corps, extension complète de la jambe d'appel, etc.)

Il est évident que le franchissement de la barre, s'il se situe trop au-dessus de celle-ci, équivaut

à un galvaudage d'énergie. La distance qui sépare le centre de gravité du corps ( $\Delta H_L$ ) de la barre, au moment du franchissement, reflète de façon assez précise la maîtrise technique de cette phase. Chez les spécialistes, elle est

## 6. Le 110 m haies

**Illustration 4:** le déroulement du mouvement lors d'une course de 110 m haies



ill. 4

L'angle d'élévation du genou ( $\epsilon_1$ ) devrait être aussi grand, entre les haies, que lors d'une course de vitesse.

L'angle d'impact ( $\gamma_1$ ) est lié dans une large mesure au temps final. Plus l'angle ( $\gamma_1$ ) est grand, moins l'effet de blocage est prononcé et, par conséquent, moins élevé, aussi, est la perte de vitesse. Les coureurs de haies de deuxième ordre allongent fréquemment leur dernière foulée, avant le passage de l'obstacle, afin de conserver le rythme des 3 pas. Ils ne se rendent pas compte que, par ce geste, ils abaissent considérablement leur cadence de course.

Les meilleurs coureurs de haies se caractérisent par un angle d'impulsion ( $\gamma_2$ ) très ouvert, ce qui revient à dire que la trajectoire qui les rapproche de l'obstacle est plus rasante. Plus l'impulsion est ascendante, plus la perte de temps est importante.

L'angle d'élévation du genou ( $\epsilon_2$ ) devrait être de 90 degrés au moins, voire de 100 degrés, lors de l'impulsion en direction de la haie. Ainsi, un bon technicien prend l'obstacle « d'en haut » et ne saute pas par-dessus.

Le point d'élévation au-dessus de la haie ( $\Delta H_{H\ddot{u}}$ ) est la distance qui sépare le centre de gravité du corps de l'obstacle. Lors de courses dont le temps final se situe entre 14 et 15 secondes, elle est, selon les mesures effectuées, de l'ordre de 30 cm. Elle passe progressivement à 35 cm et va jusqu'à 45 cm au fur et à mesure que la performance est moins bonne.

L'angle d'impact ( $\gamma_3$ ) (prise de contact avec le sol après le franchissement de la haie) est d'autant plus ouvert que le coureur est de qualité. Ceci revient à dire que la jambe libre doit

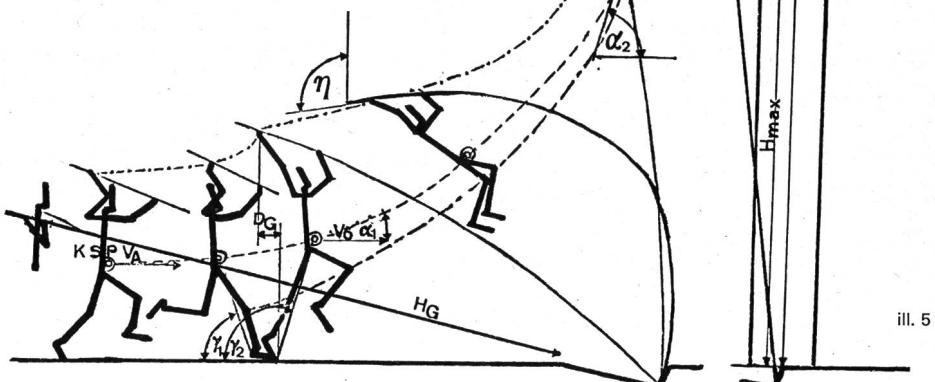
être abaissée le plus rapidement possible après l'obstacle. Les coureurs lents (angle d'impact  $\gamma_3$  peu ouvert) sont victimes d'un blocage, à la réception, ce qui provoque un ralentissement de leur cadence de course.

Lors d'une course rapide, la longueur de la foulée de franchissement se situe pour  $2/3$  avant la haie et pour  $1/3$  après. Elle mesure donc, par exemple, 1,90 m avant et 1,30 m après l'obstacle pour un temps final de 14,80 sec. Cette proportion est inversée chez les moins bons coureurs (temps final de 16 sec. et plus). S'ils tiennent à améliorer leurs performances, ceux-ci doivent d'abord essayer de corriger cette erreur.

## 7. Le saut à la perche

**Illustration 5:** déroulement du mouvement lors d'un saut à la perche

Une vitesse d'élan ( $V_A$ ) élevée permet au sauteur de se servir d'une perche plus rigide et, aussi, d'élever sa prise de mains.



ill. 5

La surélévation de prise  $\Delta H_{SG}$  est la distance qui sépare le centre de gravité du corps, au point le plus haut du saut, de la prise de la main supérieure. Chez les bons sauteurs, elle est de l'ordre d'un mètre (1,17 m chez Seagren lors d'un saut à 5,63 m). La  $\Delta H_{SG}$  peut être considérée comme la marque de qualité d'un saut. Elle dépend de l'importance plus ou moins prononcée de la flexion de la perche  $\eta$ , pour autant que celle-ci ne soit pas trop flexible par rapport au poids du sauteur.

Une impulsion fortement horizontale, à l'appel, donc analogue dans une certaine mesure à celle du saut en longueur, permet d'accroître la flexion de la perche (angle de flexion  $\eta$ , si possible de 90 degrés). L'angle d'impact (prise d'appel) de même que l'angle d'impulsion ( $\gamma_1/\gamma_2$ ) doivent alors être le plus ouvert possible. Dans le cas contraire, la vitesse d'élan serait diminuée par blocage à l'appel et par un envol trop vertical.

C'est donc ce «saut-en-avant-dans-la-perche» qui permet d'obtenir un angle d'envol fermé ( $\alpha_1$ ). C'est de lui que va dépendre la courbe ascensionnelle du centre de gravité du corps. Chez les bons sauteurs, l'ouverture de l'angle se situe entre 18 et 23 degrés. Il en est certains autres, de deuxième plan, qui tentent encore de flétrir leur perche alors que l'angle  $\alpha_1$  mesure 30 degrés ou plus. Comme il n'y parviennent pratiquement plus, il utilisent des perches plus flexibles au lieu de chercher à corriger leur appel.

Le «piquer» est l'une des phases — sinon la phase — les plus importantes du saut à la perche. A ce moment, le bras supérieur est entièrement tendu. Quant au bras inférieur, il exerce une pression contre la perche pour l'amener à fléchir. Cette action est facilitée par un appui pris quelque peu au-delà (de 20 à 40 cm) de la verticale de la main supérieure. L'angle  $\alpha_2$  est l'angle de la phase ascensionnelle la plus marquée du centre de gravité du corps. La vitesse ascensionnelle du corps, durant cette phase, est d'autant plus grande que la flexion de la perche est marquée. Lors de son record du monde, Seagren a été pro-

pulsé vers le haut selon un angle de 74 degrés. En dépit des influences extérieures (vent, etc.), le point le plus haut du saut  $H_{\max}$  devrait toujours se situer exactement au-dessus de la barre. Pour y parvenir, le sauteur doit faire preuve d'une très grande régularité d'élan et de «piquer», de même que d'une expérience suffisante de la compétition.

Le point d'élévation au-dessus de la barre  $\Delta H_{SL}$  est la distance qui sépare le centre de gravité du corps de la barre. Il n'est pas rare qu'elle se situe entre 10 et 15 cm chez les spécialistes, alors qu'elle double ou triple même chez les décatloniens.

ser une vitesse accrue en puissance de jet plus grande.

Lors de la foulée de jet, les jambes «précèdent» le haut du corps, entraînant une inclinaison de celui-ci vers l'arrière ( $S_1$ ).

La foulée de placement ( $S_W$ ) est plus courte que la foulée de jet ( $S_1$ ). La résistance exercée par la jambe de blocage doit être forte, afin de permettre à l'angle  $\varepsilon$  d'être le plus grand possible. Seule une extension dynamique de la jambe de blocage permet de transférer au javelot l'énergie issue de la course d'élan.

Un spécialiste comme Wolfermann parvient même à mettre sa jambe en surexension (plus de 180 degrés) durant cette phase.

Le javelot quitte la main *avant* que celle-ci ne soit parvenue à la hauteur du pied avancé ( $DW$ ). Cette distance ( $DW$ ) est, chez les spécialistes, souvent supérieure à 70 cm. Elle permet aussi de juger la qualité d'engagement de la jambe de blocage. Les jets les plus longs ont, à leur origine, une  $DW$  importante.

L'angle d'envol ( $\alpha$ ) idéal du javelot se situe entre 32 et 35 degrés. L'angle d'incidence  $\varphi$  est l'angle formé par le javelot avec une ligne horizontale au moment du dernier contact de la main avec l'engin.

Chez les spécialistes, la différence qui sépare  $\varphi$  de ( $\alpha$ ) est minime (-1 à +3 degrés). Elle permet au javelot de suivre une trajectoire idéale et de subir au minimum la résistance de l'air.

## 8. Le lancement du javelot

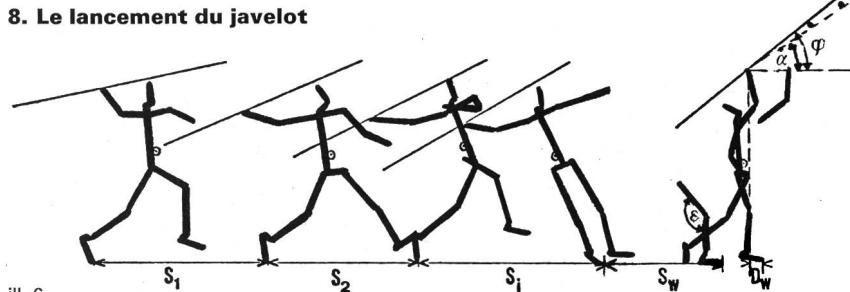


Illustration 6: le déroulement du mouvement lors du lancement du javelot  
Jusqu'à la foulée de jet ( $S_1$ ), la vitesse d'élan

doit aller constamment en augmentant et les foulées  $S_1$  et  $S_2$  être plus amples que les autres. Les meilleurs lanceurs parviennent à transpo-

## Résultats des concours de Zoug et de Zofingue

Noms	Abréviations	100 m		Saut en longueur		Saut en hauteur		110 m haies		Saut à la perche		Javelot		Total		
		Zoug sec.	Zof. sec.	Zoug m	Zof. m	Zoug m	Zof. m	Zoug sec.	Zof. sec.	Zoug m	Zof. m	Zoug m	Zof. m	Zoug Pts	Zof. Pts	
Andres P.	AP	11,13	11,16	7,01	7,14	1,83	1,92	15,18	15,65	4,50	4,60	60,98	60,80	7593	7699	
Andres M.	AM	11,34	11,39	6,81	6,92	1,86	1,92	15,49	16,07	0	4,20	51,50	44,48	6153	6923	
Born	Bo	11,36	—	7,08	—	2,04	—	15,48	—	0	—	54,12	—	6506	—	
Mangisch	Ma	11,33	11,11	6,44	6,67	1,83	1,80	15,83	15,85	4,00	4,00	53,54	52,32	7059	7158	
Morand	Mor	11,29	11,50	7,03	6,76	1,86	1,83	14,90	15,73	4,30	4,10	46,18	47,16	7090	6921	
Staubli	Sta	11,50	—	6,95	—	1,83	—	15,98	—	3,60	—	62,04	—	6938	—	
Schindelholz	Shz	11,26	—	6,87	—	1,83	—	16,47	—	3,80	—	50,42	—	6810	—	
Schneeberger	Sbg	11,38	11,67	6,77	6,55	1,86	1,89	16,79	16,93	4,00	4,10	48,26	47,99	6585	6522	
Schild	Sld	12,21	12,44	6,43	6,28	1,83	1,83	17,15	17,16	3,60	3,50	62,00	62,92	6406	6392	
Kramer	Kra	11,99	11,73	6,30	6,45	1,80	1,89	17,20	16,62	4,10	4,00	38,52	42,76	6077	6362	
Keller	Ke	—	11,74	—	5,45	—	1,86	—	—	—	—	—	—	—	—	
Kistler	Ki	11,95	11,88	6,39	6,31	1,83	1,83	16,12	15,98	4,10	4,20	49,26	43,03	6450	6355	
Kronenberg	Kro	11,48	11,28	6,59	6,64	1,80	1,83	16,57	16,06	4,10	4,20	47,86	45,04	6843	6831	
Wytttenbach	Wy	—	11,80	—	6,16	—	1,83	—	16,63	—	—	—	—	—	—	
Heiniger	Hei	11,62	11,38	6,56	6,51	1,83	1,75	17,88	—	0	3,90	56,18	48,34	5611	5682	
Cristina	Cri	12,20	11,86	6,26	6,49	1,83	1,80	16,69	16,31	3,40	3,80	47,38	47,30	6030	6380	
Salzmann	Sa	11,41	11,04	6,62	6,56	1,70	1,83	16,18	15,78	3,90	3,90	45,30	47,83	6475	6858	
Trümpf	Trü	11,83	11,77	6,61	6,47	1,75	1,86	15,87	16,05	3,80	3,90	49,96	51,38	6621	6761	
Hess	He	11,50	—	6,51	—	1,80	—	17,34	—	4,20	—	46,18	—	6458	—	
Pampuri	Pa	—	11,12	—	6,94	—	1,83	—	16,61	—	3,20	—	50,40	—	6667	—



#### Bibliographie

*Bless H.-R.*: Hürdenlauf, Diplomarbeit am Laboratorium für Biomechanik der ETH Zürich, 1974.

*Borgula K.*: Geschwindigkeitsmessungen beim 110-m-Hürdenlauf, J + S Zeitschrift, 1974.

*Fischer R.*: Weitsprung, Biomechanische Untersuchung am Schweizerischen Weitsprungkader, Diplomarbeit am Labor für Biomechanik der ETH Zürich, 1975.

*Keller P.*: Stabhochsprung, Diplomarbeit am Labor für Biomechanik der ETH Zürich, 1974.

*Keller R.*: Weitsprung-Analyse, Diplomarbeit am Labor für Biomechanik der ETH Zürich, 1974.

*Kunz H.-R. / Waser J.*: Filmanalyse des Stabspringens, ETH Zürich, Labor für Biomechanik J + S Zeitschrift Auszug 32, 14-19, 1975.

*Kunz H.-R. / Waser J.*: Die Schrittgestaltung beim Speerwerfen, ETH Zürich, Labor für Biomechanik, 1973.

*Nigg B.*: Sprung, Springen, Sprünge, Juris Verlag Zürich, 1974.

*Ræthlin K.*: Speerwurf, Diplomarbeit am Labor für Biomechanik der ETH Zürich, 1972.

*Schamaun P.*: Experimentelle Untersuchungen im Weitsprung, Diplomarbeit am Labor für Biomechanik der ETH Zürich, 1973.

*Waser J.*: Der Weltrekordsprung von D. Stones, «Neue Zürcher Zeitung» vom 12. August 1974.

Le texte original étant en allemand, les auteurs se sont basés sur des publications allemandes.

Les personnes intéressées qui maîtrisent suffisamment la langue allemande peuvent obtenir des exemplaires des travaux de diplôme ou du résumé chez:

A. Stacoff  
Labor für Biomechanik der ETH Zürich  
Weinbergstrasse 100  
8092 Zürich