



les mesures dans le sport

**Une interview de
Stefan Süß et
Harald Barnekow**
(Carl Zeiss - Jena)

Depuis longtemps les exploits sportifs ne sont plus mesurés avec une corde, un décamètre ou une montre munie d'une aiguille des secondes ! Le niveau des compétitions exige des mesures du même ordre que les performances. Dans notre dernier numéro d'XYZ nous nous sommes fait l'écho de l'excellente exposition à la Cité des Sciences et de l'Industrie de la Villette intitulée « mesure et démesure » où, entre autres, ce problème était abordé.

Puis l'idée a germé de relater les impératifs pour répondre aux besoins liés à la compétition sportive. Pour cela nous avons interrogé messieurs Stefan Süß et Harald Barnekow de l'usine Carl Zeiss de Jena qui depuis de nombreuses années mesure avec ses instruments électro-optiques les exploits sportifs des compétitions dans le monde entier. Ils ont bien voulu nous faire part de leur expérience acquise par une longue pratique.

Le nom « Jena mesure » regroupe un système universel de mesure électronique de distance pour les disciplines de l'athlétisme tel que lancer de javelot, de disque, de marteau, de poids, saut en longueur, triple saut et saut à la perche.

Nous avons commencé à travailler sur les problèmes de mesures en 1977.

L'objectif était de développer un système de mesure pour le javelot, disque et marteau à l'occasion des 22èmes Jeux Olympiques à Moscou en 1980.

Lors des années précédant les Jeux, nous avons étudié et testé des systèmes pendant les compétitions nationales et internationales qui nous ont amenés au succès rencontré lors des Jeux de Moscou. Ce système utilisait un instrument connu sous le nom de EOT-Sport. Il était destiné essentiellement au mesurage de longs lancers. EOT signifie électro-optique tachéomètre, destiné à mesurer les angles et distances très rapidement. Les performances à mesurer lors des compétitions sportives sont le temps et les distances telles que longueur (pour le lancer de javelot, de disque, de marteau et de poids, saut en longueur, triple saut), et hauteur (pour le saut à la perche, l'un des problèmes des plus délicats qu'ils nous ait été de résoudre à la suite de modification de règle).

Alors, nous avons commencé par mesurer des distances longues par exemple pour javelot, marteau et disque. C'est ici que la mesure électronique trouva son plus grand avantage par rapport à la mesure au ruban, compte-tenu de la distance de lancer du javelot atteinte de nos jours.

Par ailleurs, la mesure électronique de distance est plus précise. Un ruban a une imprécision de l'ordre de +/- 2 cm ; cette imprécision était variable si certaines conditions n'étaient pas respectées.

A ce moment là, les tachéomètres électro-optiques en présence mesuraient les distances avec une précision de l'ordre de +/- 5 mm, indépendamment des influences externes.

Les résultats des lancers et des sauts étaient jusqu'alors déterminés par des mesures conventionnelles seulement. Pour mesurer un lancer, la méthode éprouvée de la mesure électronique pour les longs lancers put être appliquée immédiatement. La mesure des sauts en longueur, toutefois, requéra une autre procédure nouvelle. Nos impératifs étaient au nombre de deux : d'abord, remplacer l'antique système de mesure peu commode de 6 m de long par une méthode plus simple, et deuxièmement, offrir la possibilité de transmettre les données automatiquement, en passant par

l'affichage électronique des résultats sur les tableaux, la transmission sur les imprimantes et ordinateurs centraux qui étaient jusqu'alors disponibles pour les compétitions. On sait bien que les lectures sur les rubans, les communications des résultats au juge en Chef et aux opérateurs des tableaux ont été bien souvent sources d'erreurs.

Le successeur du EOT-Sport, dénommé le RECOTA-Sport avec ses atouts informatiques a répondu aussi bien que possible en son temps : un seul et même instrument pour la mesure et l'affichage des résultats.

Concernant l'affichage des résultats, il y avait une seule exception : pour le saut à la perche, il était seulement nécessaire de placer la barre à une hauteur déterminée et de conserver exactement cette hauteur. Tout ce dont on avait alors besoin était d'imprimer les résultats.

La nouvelle méthode pour le saut à la perche est différente par rapport aux méthodes conventionnelles au regard de la précision et aussi de la rapidité.

PARLEZ NOUS DE LA COMMUNICATION DES RÉSULTATS

Comme indiqué précédemment, la mesure électronique a le grand avantage de communiquer les résultats «on-line» aux divers périphériques électroniques comme les tableaux d'affichage des scores (comme ceux de Omega et Longines), ordinateurs centraux, télévisions et imprimantes.

La condition préalable est que l'instrument de mesure puisse communiquer les résultats finaux sans passer par un ordinateur externe. Les instruments utilisés sous le terme «Jena mesure», le EOT-Sport, le RECOTA-Sport ou le RETA-Sport introduit en 1984 mesurent automatiquement les longueurs d'un lancer ou d'un saut, effectuent les calculs nécessaires et transmettent les données du résultat final à afficher sous forme digitale. L'instrument peut être connecté directement à une imprimante, un tableau d'affichage et un générateur pour obtenir les signaux vidéo pour la Télévision. (Transmettre les données au Centre de traitement des données est bien sûr également possible).

En relation avec la compagnie suisse OMEGA, nous avons créé de nouvelles méthodes pour l'optimisation de la mesure complète et du process d'analyse des résultats.

Le logiciel introduit dans le RETA-Sport rend possible l'introduction de tous les ordres et commandes qu'il était jusqu'alors nécessaires de paramétrer au niveau des tableaux d'affichage, comme le numéro de l'athlète et de l'essai, le signe de validité ou d'invalidité, et les commandes pour effacer l'affichage et tourner le tableau. Avant le début de la compétition, tous les numéros des athlètes sont introduits dans la mémoire interne du RETA-Sport. Lors des épreuves, il suffit simplement d'appeler le numéro de l'athlète : le numéro de l'essai est pris en compte automatiquement. Pour les épreuves éliminatoires, il est possible d'entrer les longueurs de saut ou lancers de qualification. Une fois que l'athlète a obtenu sa qualification, son numéro est automatiquement exclu pour ne pas être rappelé avant les épreuves finales.

Un avantage complémentaire est le classement des performances qui permet que les athlètes sélectionnés pour les épreuves finales soient facilement identifiés.

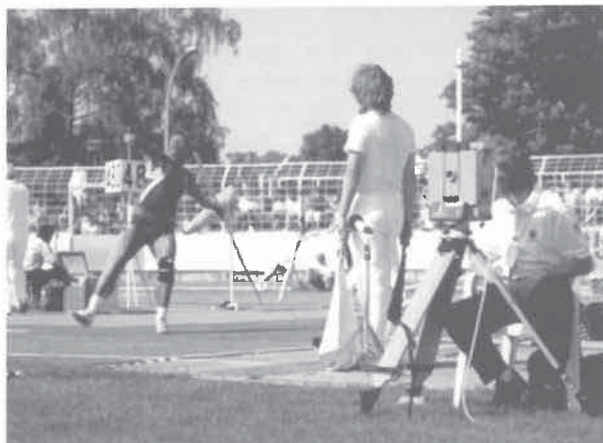
Ces facilités logicielles concourent à la rationalisation du déroulement des épreuves et, ce qui est essentiel, à l'exclusion de toutes erreurs subjectives.

LA MESURE DES LANCERS

Dans la plupart des disciplines de l'athlétisme, les longueurs de sauts et des lancers de javelot, disque et marteau étaient encore mesurées avec un ruban calibré divisé en centimètres. Le temps nécessaire à la mesure et à son affichage sur le panneau est de l'ordre de 1 minute.

Une étude d'une telle méthode de mesure d'un point de vue théorie des erreurs révèle que cela est affecté par un nombre d'erreurs individuelles parmi lesquelles les erreurs systématiques et les erreurs dues au hasard. Essentiellement, les erreurs suivantes peuvent être prévisibles :

- faute de positionnement et de lecture du ruban
- tension excessive ou insuffisante exercée sur le ruban
- mauvaise position du ruban
- variation de la longueur du ruban (déviations selon température)
- différence de hauteur entre l'aire de lancement et le point d'impact.



Si nous considérons qu'une différence inférieure à 10°C par rapport à la calibration du ruban cause une erreur systématique de 1 cm sur une longueur de 100 m, il est incontestable que l'erreur totale pour ce cas de mesure est de l'ordre de +/- 3 cm à 4 cm.

En plus de cela, il faut considérer les erreurs dues à une faute de lecture, communication ou écriture.

La règle selon laquelle les longueurs de javelot, disque et marteau sont arrondies au centimètre pair est certainement due au fait que la mesure au ruban ne peut donner de résultats plus précis.

Lorsque les tachéomètres électro-optiques furent introduits pour les mesures de lancers dans les années 70, cela signifiait simplement une nouvelle application d'une méthode connue depuis longtemps en mesure topographique. La méthode n'est pas seulement un

gain de temps mais aussi un moyen d'éviter les erreurs subjectives.

Le RETA-Sport (précision en distance de +/- 5 mm et précisions angulaires +/- 10cc) mesure les longueurs de lancers avec une précision de +/- 5 mm.

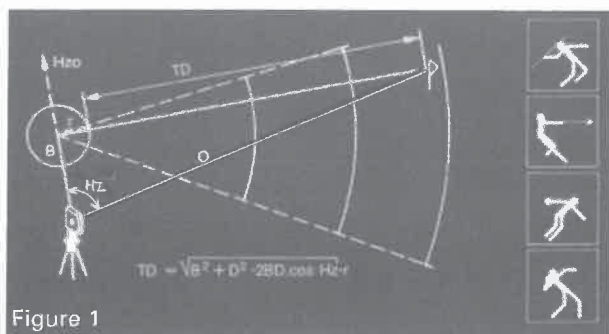


Figure 1

Quoique le principe de la mesure électronique d'un lancer soit bien connu, laissez-nous le rappeler brièvement (cf figure 1).

Avec un tachéomètre électro-optique, la longueur d'un lancer ne peut être mesurée directement parce que pendant la compétition, l'instrument ne peut se trouver au centre de l'aire de lancement. Ainsi, les mesures simultanées d'angles et de distances sont effectuées à partir d'une station excentrée pour communiquer les résultats définitifs.

Avant que la compétition ne commence, nous mesurons la base **B** et le Gisement **HzO** au centre de l'aire de lancement ; les valeurs sont stockées dans la mémoire interne. Après chaque lancer, quand le juge a positionné le réflecteur au point d'impact, nous mesurons la distance horizontale **D** et le gisement sur le réflecteur. A partir de ces données et celles mémorisées, le microprocesseur calcule en une fraction de seconde la distance de lancer **TD** par la formule :

$$TD = \sqrt{(B^2 + D^2 - 2BD \cos Hz) - r}$$

Les différents rayons des aires de lancement de toutes les disciplines sont stockés dans la mémoire interne de l'instrument.

Le temps écoulé entre le positionnement du réflecteur par le juge jusqu'au résultat affiché sur les panneaux électroniques est de l'ordre de 10 secondes.

Il arrive de temps en temps de discuter sur l'opportunité de mesurer les longueurs de lancers avec l'instrument positionné sur la pelouse ou à l'extérieur. Une étude de précision a démontré les résultats suivants.

Etant donné une précision de mesure de distance $mDS = \pm 5 \text{ mm}$ et une précision angulaire $MHz = mV = \pm 20 \text{ cc}$, nous avons déterminé une erreur mTD sur la mesure de la distance du lancer à partir de différentes configurations :

A. Instrument en station proche du centre de l'aire de lancement :

Exemple 1 :

$B = 7 \text{ m}$, $D = 80 \text{ m}$, $H_z = 95 \text{ gon}$, $TD = 80 \text{ m}$
 $mTD = \pm 5.0 \text{ mm}$

Exemple 2 :

$B = 20 \text{ m}$, $D = 64 \text{ m}$, $H_z = 110 \text{ gon}$, $TD = 70 \text{ m}$
 $mTD = \pm 5.3 \text{ mm}$

B. Instrument en station à l'extérieur :

Exemple 3 :

$B = 100 \text{ m}$, $D = 100 \text{ m}$, $H_z = 67 \text{ gon}$, $TD = 100 \text{ m}$
 $mTD = \pm 4.5 \text{ mm}$

Exemple 4 :

$B = 91 \text{ m}$, $D = 91 \text{ m}$, $H_z = 50 \text{ gon}$, $TD = 70 \text{ m}$
 $mTD = \pm 5.0 \text{ mm}$

A partir de ces exemples, il est évident que la précision est la même, que l'instrument soit proche de l'aire ou qu'il soit à l'extérieur de la pelouse. Notre expérience acquise depuis de nombreuses années nous dicte toutefois que la mesure effectuée à partir d'une station proche de l'aire est plutôt favorable parce qu'elle permet un contact direct avec le jury, nécessaire par exemple lorsqu'un athlète fait l'impasse sur un essai.

Lorsque l'instrument est mis en station à l'extérieur de la pelouse, il y a aussi le risque que la visibilité soit cachée ce qui créerait un handicap.

LES SAUTS EN LONGUEUR ET TRIPLE SAUT

La ligne de référence pour mesurer le saut en longueur ou le triple saut est la prolongation de la référence L basée sur la planche. (cf figure 2).

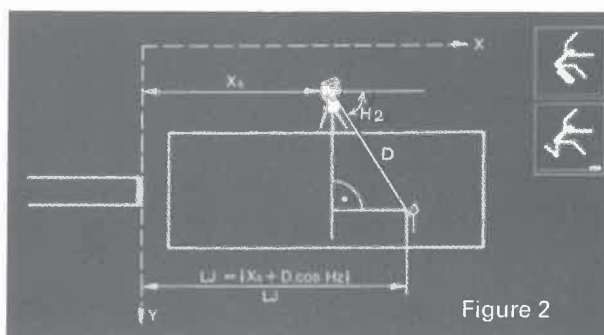


Figure 2

Dépendant des conditions locales, le RETA-Sport serait le mieux placé à proximité de l'aire de réception. La station idéale serait latéralement au point de réception **P** présumé, mais n'importe quelle autre station sur le stade est possible en principe.



Avant le début de la compétition, l'instrument est préparé de façon à ce que Xs (coordonnée relative au bord de la planche) soit introduit. Pendant l'épreuve, nous mesurons simultanément l'angle et la distance au point P de réception et l'instrument calcule la distance i , parallèle à l'axe des x , entre la station S de l'instrument et le point de réception P . Pour cela il est nécessaire d'utiliser un réflecteur léger pour matérialiser le point d'impact. La longueur du saut LJ est automatiquement calculée et le résultat final est disponible en moins de 5 secondes. Les résultats sont transmis de façon analogue aux épreuves de lancer. L'erreur est inférieure à +/- 5 mm. (figure 2)

LE SAUT À LA PERCHE

Les règles modifiées de la FIAA imposent que la hauteur de la barre lors du saut à la perche doit être déterminée avec la perpendiculaire dans la position utilisée par l'athlète. Cette position peut varier de +/- 60 cm à partir de la ligne 0 déterminée par le coin du butoir. Cette obligation est difficile à satisfaire avec les méthodes usuelles par exemple le ruban de mesure ou la canne mesureuse ; elles imposent un temps considérable spécialement si vous considérez que la précision de +/- 5 mm est demandée de façon à communiquer les résultats finaux au cm. Mais il y a d'autres problèmes en plus :

- le centre de la barre qui en toute probabilité sera le point du creux maximum peut être déterminé à l'oeil, mais grossièrement,
- l'exacte mesure du point au sommet de la barre peut être trouvée seulement à partir d'une échelle ou d'un élévateur mécanique,
- utiliser le ruban ou la canne mesureuse est impossible sans contact, par ailleurs, on ne peut pas dire que la barre remue verticalement.

Il n'est absolument pas garanti que la mesure soit effectuée perpendiculairement au-dessus du centre du butoir. La vérification de mesure d'une hauteur de record accomplie avec la barre hors la ligne 0 n'est pas possible sans déplacement des tapis. Avec ces problèmes en tête, nous avons fait des investigations pour améliorer la procédure de mesure des sauts à la perche ayant pour but de développer une méthode qui devrait éviter les désavantages et se plier aux nécessités, en un minimum de temps, résultats dans la précision requise malgré les +/- 60 cm d'écartement possible. Le système devait satisfaire à un nombre d'obligations :

- temps de mesure n'excédant pas quelques secondes,
- la mesure doit être possible avec les perpendiculaires dans n'importe quelle position admise,

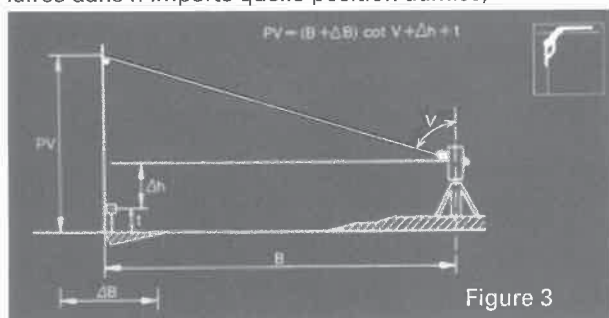


Figure 3

- la précision doit être meilleure que +/- 5 mm,
- la mesure doit être possible sans contact avec la barre.

Pour une telle nouvelle méthode, il découlait de source d'utiliser un tachéomètre électro-optique tel que le RETA-Sport jusqu'alors utilisé avec succès pour les mesures de saut (longueurs) et de lancers.

Dans nos études théoriques et tests pratiques, la procédure suivante s'était distinguée comme particulièrement favorable (figure 3).

L'instrument, un RETA-Sport est mis en station à une distance d'au moins 25 m derrière les poteaux et à une distance max de 3.20 m du centre (voir tableau 1 ci-après). La 1ère mesure à effectuer est la distance B séparant l'instrument du point de repère. C'est le centre du bord de l'arête du butoir. Pour mesurer exactement cette distance horizontale B et pour la détermination de la différence de hauteur Δh entre l'instrument et le point de repère, un réflecteur spécial de hauteur t connue est placé à l'aplomb du point de repère. Ainsi B , Δh et t déterminés avant le début des épreuves sont stockés dans l'instrument. Pendant la compétition, l'opérateur pointe le sommet de la barre verticalement au-dessus du point de repère et l'instrument déterminant automatiquement l'angle vertical V calcule et affiche instantanément la hauteur de barre PV .

Pour mesurer une hauteur de barre avec les montants décalés, il est nécessaire de lire les sommes de déplacement côté gauche et côté droit des montants à partir des échelles préparées à la base, de les moyenner et d'entrer la valeur de correction ΔB dans le RETA. Le microprocesseur calcule alors la hauteur de barre avec la position décalée ; la hauteur de barre et la correction ΔB seront indiqués sur l'instrument.

Cette méthode permet d'atteindre une précision de +/- 3 mm, toutefois tenant compte que les montants décalés le long d'une trajectoire horizontale qui peut être ajustée au moyen d'un niveau à bulle.

D'autres nécessités sont que la barre ait son creux maximum au milieu et que la marque 0 des montants repose sur le prolongement de l'arête du butoir.

Autant que nous puissions le voir, ces conditions préalables ne devraient pas être trop difficiles à satisfaire.

La méthode décrite a été testée pour des compétitions variées. Elle a prouvé ses capacités à mesurer la hauteur de barre dans n'importe quelle position des montants en un temps très court ($\approx 1s$) et avec grande précision. De plus, le réticule de la lunette permet de voir que la barre est bien placée à l'horizontale. Lorsque nécessaire, les hauteurs mesurées arrondies au centimètre peuvent alimenter les périphériques tel que les panneaux d'affichage ou imprimantes via l'interface standard des meetings internationaux.

Tableau 1

Distance entre l'instrument et les montants (m)										
25	26	28	30	32	34	35	36	38	40	
écart max entre l'instrument et le centre (m)										
3.2	3.3	3.6	3.8	4.1	4.3	4.5	4.6	4.9	5.1	

CONCLUSION

Le RETA-Sport est un instrument capable de mesurer les distances de tout lancer et saut avec grande précision et très rapidement. Son autre mérite est de communiquer les résultats également très rapidement. Au delà des mesures elles-mêmes, le RETA-Sport peut contrôler les tableaux d'affichage OMEGA, appeler les numéros des athlètes et des essais avec un process automatique.

Les systèmes électro-optiques de Carl Zeiss ont été utilisés avec succès pour des compétitions telles que :

1972 20èmes Jeux Olympiques à Munich
(avec le Reg Elta 14)

1976 21èmes Jeux Olympiques à Montréal
(avec le Reg Elta 14)

1979 Spartakiades de Moscou

1980 22èmes Jeux Olympiques à Moscou

1981 Finales Coupe Européenne à Zagreb
Coupe du Monde FIAA à Rome

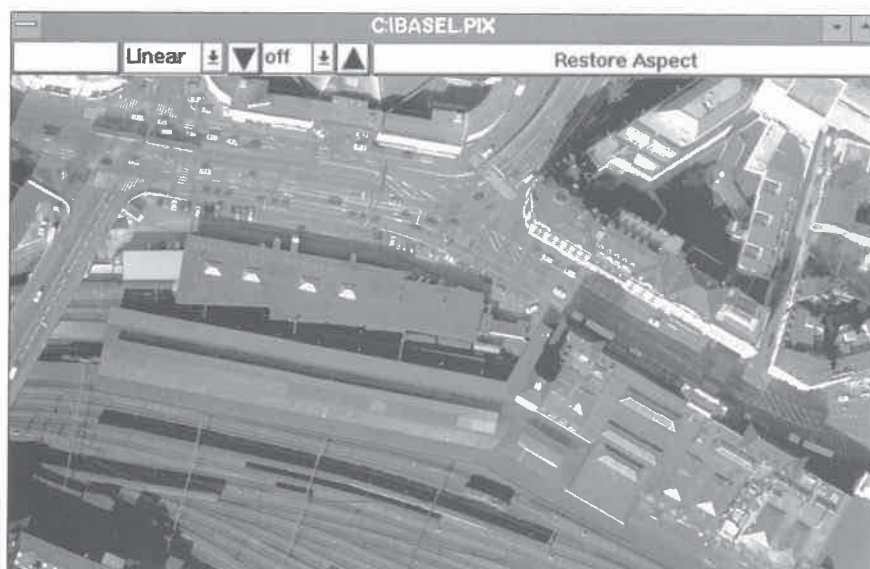
1982 Championnat du monde d'athlétisme à Munich
Jeux Caraïbes à la Havane
Championnat d'Europe à Athènes
Jeux Asiatiques à Delhi

1983 Jeux Panaméricains à Caracas
Jeux Méditerranéens à Casablanca

1984 23èmes Jeux Olympiques à Los Angeles

sans omettre les participations lors des rendez-vous français de Vittel, Nice, etc.

OrthoEngine™



**33^e Congrès National
des Géomètres-Experts
C.I.D. Deauville
11-12-13 juin 1996**

Logiciel OrthoEngine - Orthophotographie de Bâle, Suisse, réalisée par Photogrammétrie Perrinjaquet (Berne)

- Crée des orthophotos précises depuis des images aériennes scannées.
- Ajuste des photos sur des sections de cartes.
- Superpose des données vectorielles provenant de vos logiciels SIG/CAO/cartographie
- Disponible sur PC, UNIX, MAC OS



GéoSolutions

43, rue de la Grosse-Pierre
Silic 160
94533 RUNGIS Cedex
Tél. (33.1) 41.73.20.15
Fax (33.1) 41.73.20.19