

L'adapted jump and reach : évaluation fidèle de l'impulsion au saut vertical

¹Faye J. et ²Falize J.

¹Institut National Supérieur de l'Education Populaire et du Sport (INSEPS), Université Cheikh Anta Diop –
Stade Iba Mar Diop, BP. 3256 DAKAR SENEGAL

²Service de kinanthropologie, Institut Supérieur de l'Education Physique,
Université de LIEGE au Sart-Tilman, BELGIQUE.

Résumé :

Notre objectif est de mesurer l'élévation du centre de gravité du corps par rapport à des positions de référence et, simultanément, l'impulsion verticale. Dans ce but, nous avons utilisé la technique ciné dynamographique quantitative pour mettre en évidence les mouvements du corps et les forces mises en jeu pendant le saut. La vitesse de notre caméra et de notre enregistreur de variations de différence de potentiel ainsi que l'étalonnage de notre plate-forme de forces nous ont aidé à délimiter sur nos dynamogrammes la surface dont l'intégrale qu'elle représente est égale à l'impulsion motrice. La position debout, pieds à plat, un bras levé, permet d'obtenir une mesure précise de l'élévation réelle du centre de gravité. Celle-ci est différente de ± 1 centimètre environ de l'élévation théorique calculée à partir de l'équation du mouvement. L'A.J.R. peut être considéré comme un test fidèle pouvant être intégré à une batterie de tests d'évaluation des qualités physiques de base.

Mots-clés : élévation, centre de gravité, position de référence, impulsion.

Summary :

Our aim was to measure the centre of gravity of the body in comparison with the positions of reference and, simultaneously, the vertical impulse). Thus, we used the quantitative «ciné dynamographique» technique to disclose the movements of the body as well as intervening forces. The speed of our camera and our recorder of the difference of the potential variations as well as the standardisation of the forces platform helped to delimit on the «dynamogramme» the surface representing the integral of the force that is equal to the take-off impulses.

The stand-up position, flat foot on the ground, on arm lifted, allowed to measure accurately the real elevation of the centre of gravity. That elevation is different about ± 1 centimetre when compared to the theoretical elevation derived from equation calculation of the movement. The A.J.R. can be considered as faithful test being able to integrate a battery of tests for evaluating basic physical qualities.

Key-words : elevation, centre of gravity, position of reference, impulse.

1. Introduction

Pour mesurer la puissance des membres inférieurs, Sargent [1] proposa en 1921 un saut vertical qui permet de mesurer l'élévation du centre de gravité (C.G) par soustraction de la taille à la hauteur atteinte au sommet de la tête pendant le saut. Inspiré de ce test, en fait peu pratique, le « Jump and Reach Test » créé en 1932 par Mc Cloy et al. [2], couramment utilisé aujourd'hui, mesure cette élévation. Nous avons adapté le Jump and Reach Test en considérant les différences entre, d'une part, les positions de référence mesurant les hauteurs (h) sol-extrémité des doigts (pieds à plat, un bras

levé – soit h_1 , deux bras levés - soit h_2 - et sur pointe des pieds, un bras levé - soit h_3 .) et, d'autre part, la Hauteur (H) atteinte par l'extrémité des doigts lors du saut. Les **figures 1A et 1B** rappellent ces différentes mesures. Simultanément au saut filmé au moyen d'un ensemble vidéo portable, les pressions exercées par le sauteur ont été enregistrées sur une plate-forme de forces afin de mesurer l'élévation théorique du C.G à partir de l'équation du mouvement. Nous avons donné à ce test l'appellation de « Adapted Jump and Reach » (A.J.R.).

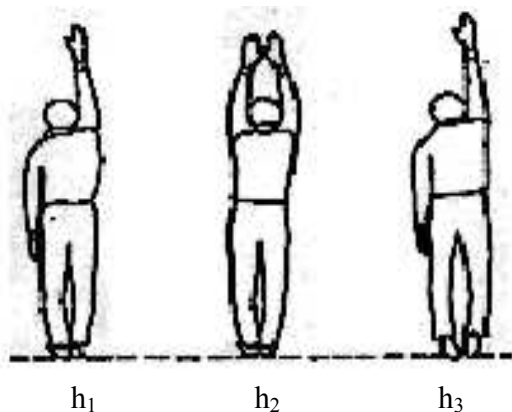


Figure 1A : Les positions de référence

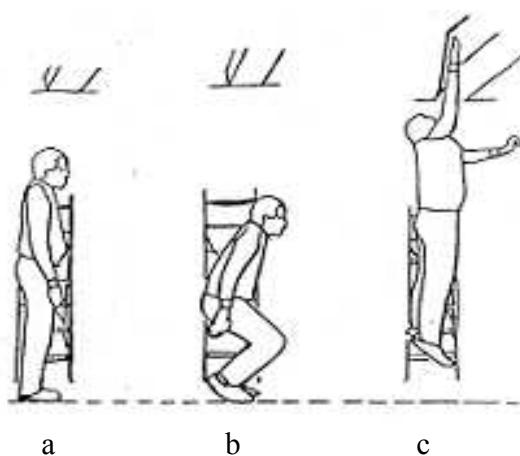


Figure 1B : Le saut vertical

Notre propos est de savoir laquelle des trois positions de référence est celle qui permettra d'obtenir, avec la meilleure précision possible, l'élévation réelle (E_R) du C.G en rapport avec son élévation théorique (E_{Th}) représentant l'impulsion verticale du sauteur.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

2.1.1 Les sujets

Un seul étudiant de l'Institut Supérieur d'Education Physique (ISEP) de l'Université de l'Etat à Liège a subi le test. Il s'agissait d'un doctorant âgé de 37 ans, mesurant 176 centimètres (cm) de taille et 76,2 kilogrammes (kg) de poids corporel.

2.1.2. Le matériel

Nous avons utilisé :

- une plate-forme dynamographique comprenant deux plaques rigides indéformables, l'une, inférieure, repose sur le sol, l'autre, supérieure et parallèle à la première, est la surface de travail qui transmet les variations de forces qu'elle subit ;
- un enregistreur de type hellige avec un multiscraptor 9400 T pour visualiser les variations de différences de potentiels recueillis à la sortie de la plate-forme, donc les forces, en fonction du temps ;
- un amplificateur à gains constant (pour amplifier de façon semblable les trois sources de différences de potentiels recueillis) et variable (pour régler le niveau de chaque source de différence de potentiels de la manière la plus adaptée) ;
- une traverse de béton et une escabelle ;
- un ensemble vidéo portable comprenant une caméra WV 3090 AE et un magnétoscope N.V. 8400 – V.H.S. NATIONAL PANASONIC ;
- un ensemble Vidéo fixe composé d'un magnétoscope PANASONIC A.C. 6100 et d'un écran de télévision WV 5310 E/C.

2.2 Méthodes

Notre étude s'est déroulée à l'I.S.E.P., dans le Laboratoire du Service de Kinanthropologie du Professeur Falize J.

2.2.1. Protocole

Avant la passation du test, nous avons mesuré les trois positions de référence h_1 , h_2 et h_3 au niveau d'un mur du Laboratoire (Figure n°1A), représentant respectivement les hauteurs sol – extrémité des doigts : pieds à plat, 1 ou 2 bras levé (s) et sur pointe des pieds, 1 bras levé.

La plate-forme est placée le plus près possible de la verticale de la traverse de béton située au plafond du Laboratoire. A partir de la surface de travail de celle-ci,

nous avons repéré sur la traverse une hauteur de 270 cm d'où nous avons gradué en cm toute sa partie supérieure restante. Du haut de l'escabelle placée à côté du sujet, un observateur pourra aisément voir les marques laissées sur la traverse par les doigts du sauteur.

L'enregistreur et l'amplificateur sont mis en marche chaque fois que le sujet, après s'être enduit les doigts avec de la craie blanche, monte sur la plate-forme pour effectuer un saut. La vitesse de déroulement du papier d'enregistrement est de 50 mm par sec. Douze essais ont été réalisés et filmés à la vitesse de 25 images par sec. Ceci nous a permis de relier la dynamique des forces exercées sur la plate-forme aux actions (mouvements) concrètes du sauteur (Figure n° 2).

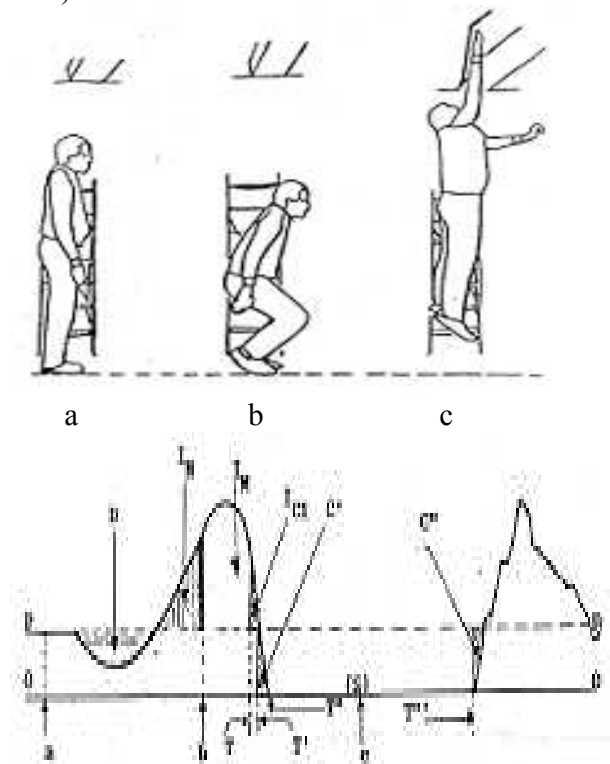


Figure 2 : Kinégramme et dynamogramme du saut vertical

Au départ des six premiers essais, le sujet se tient sur la pointe des pieds, un bras levé verticalement, l'autre reste le long du corps. Il maintient cette position durant

toutes les phases des essais 1, 2 et 3 ; mais pour les sauts 4, 5 et 6, il abaisse fléchi le bras – coude s'écartant du tronc - au même moment qu'il fléchit sur les genoux, puis l'étend à nouveau à la verticale pendant l'impulsion. Il y a donc lieu de respecter des mouvements synchrones de flexion et d'extension du bras levé et des membres inférieurs.

Les essais 7 et 8 d'une part, et 9 d'autre part, sont, de façon respective, identiques aux essais 1, 2, 3, et 4, 5 et 6, excepté que le sujet les exécute en commençant directement sur pieds à plat.

Quant aux essais 10, 11 et 12, le sauteur part d'abord de la position pieds à plat, les deux bras le long du corps, puis il effectue des mouvements de bras comme lors des essais 4, 5, et 6, sauf qu'ici les deux bras se fléchissent, coudes s'écartant du tronc. Dans tous les cas, nous demandons au sujet de toucher la traverse avec une seule main, en l'occurrence celle du bras qui a été levé lors des positions de référence h_1 et h_3 .

Après chaque essai, l'observateur note la Hauteur (H) atteinte grâce aux empreintes digitales qu'il efface immédiatement pour éviter toute confusion de marques pouvant conduire à des erreurs de lecture des Hauteurs suivantes.

2.2.2. Mesure des élévations réelles (E_R) du C.G.

Les différences entre la Hauteur H et chacune des positions de référence h_1 , h_2 , h_3 représentent des mesures d'élévation réelle du C.G.

2.2.3. Analyse des tracés dynamographiques

Les courbes de force verticale que nous avons enregistrées (figure n° 2) ont la même allure générale que celles obtenues par Démeny [3], Hay [4], Falize et al. [5], Lamb et al. [6] et Delhez [7]. Elles forment, avec la ligne de poids du corps (P-P), trois surfaces dont D et I composée des surfaces (I_N , I_M et

I_{C1}). Entre **I** et la troisième, la force s'annule durant la suspension (S) ; la plate-forme étant libre de toute charge.

Tenant compte du nombre d'images que filme la caméra et de la vitesse de déroulement du papier d'enregistrement des forces, nous avons établi un cinédynamegramme quantitatif représenté par la Figure n° 2. Le dessin **a** indique la position de départ du sujet en station debout, bras le long du corps. Celui-ci effectue une flexion des cuisses sur les jambes, bras légèrement fléchis et portés vers l'arrière, coudes s'écartant du tronc.

L'ensemble de ces actions se traduit par une descente du sauteur vers le bas, qui s'arrête en **b** pour immédiatement être relayée par une extension explosive des cuisses sur les jambes, bras lancés simultanément vers le haut. Le sujet décolle de la plate-forme par la pointe des pieds au temps **T**, et touche la traverse de béton en **c**, milieu du temps de la suspension (TS).

La fin de la phase **b** et l'instant **T** repérés sur le dynamogramme nous ont permis de distinguer, dans la surface **I**, les aires **I_N**, **I_M** et **I_{C1}**. En calculant celles-ci en millimètres carrés (mm²), nous constatons que **I_N** est égale à **D**, il en est de même pour **I_{C1}**, **C'** et **C''**. **I_M** représente la poussée effective du sauteur vers le haut, et est donc responsable de l'ascension du sauteur dans l'espace. Il s'agit de l'impulsion proprement dite ou impulsion motrice (**F.t**) qui est égale au produit de la force de poussée (**F**) par son temps (**t**) d'application sur la surface de travail de la plate-forme.

2.2.4. Mesure de l'impulsion motrice **F.t** représentant les élévations théoriques (**E_{Th}**) du C.G.

Falize et al. [5] rappellent qu'il n'est pas permis de mettre en doute la loi de la dynamique énergétique qui s'exprime dans l'équation du mouvement :

$$m (V - V_0) = F.t \text{ ou}$$

$$mV - m V_0 = \int_{t_0}^t F \Delta t \quad (1) \text{ où :}$$

- **m** représente la masse du sauteur,
- **V** est la vitesse à la fin de l'impulsion, **V₀** la vitesse initiale avant l'impulsion ;
- **F** est la force appliquée au sol, **t** le temps d'application de **F**.

Etant donné qu'il s'agit d'un saut en hauteur sans élan, **V₀** est nulle. L'équation

$$(1) \text{ devient donc : } mv = F.t = \int_{t_0}^t F \Delta t \quad (2)$$

où :

- **mv** exprime la quantité de mouvement et **F.t** est l'impulsion motrice ;

- $\int_{t_0}^t F \Delta t$ = l'intégrale de la force ; celle-ci est représentée par la surface **I_M** que nous avons déterminée à la figure n° 2, et qui est égale à **F.t**.

Le calcul de $\int_{t_0}^t F \Delta t$ est rendu possible grâce à l'étalonnage de notre plate-forme de forces. Pour ce faire, nous avons tenu compte d'une part de la vitesse de déroulement du papier pour trouver en mm/sec. la valeur d'1 mm en d'abscisse, et, d'autre part, de la ligne de poids du corps du sujet pour calculer en kilogramme force (kgf) la valeur d'1mm en ordonnée. Ceci nous a permis d'exprimer le millimètre carré (mm²) en kgf.sec.

Pour calculer l'intégrale $\int_{t_0}^t F \Delta t$ nous avons multiplié la surface **I_M** par la valeur du mm². De l'équation (2), l'on peut écrire :

$$V = \frac{\int_{t_0}^t F \Delta t}{m} \quad (3) \text{ où : } \int_{t_0}^t F \Delta t \text{ et}$$

m sont connues.

A partir de la vitesse V , nous pouvons évaluer la hauteur d'élévation théorique (E_{Th}) du C.G de la position pieds à plat jusqu'au sommet de sa trajectoire, moment où le sujet touche la traverse de béton.

$$E_{Th} = \frac{V^2}{2g} \quad (4) \text{ tirée de l'équation}$$

$$Y = \frac{V^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g} \quad (5) \quad \text{où :}$$

- y représente la hauteur (la flèche) qu'atteint un projectile au sommet de sa trajectoire parabolique ;
- V est la vitesse de projection (vitesse d'envol) ;
- α est l'angle de cette vitesse avec l'horizontale passant par le projectile ; étant donné qu'il s'agit ici d'un saut vertical sans élan, la composante horizontale de V est nulle, et α est très voisin, voire égal à 90° . Or $\sin^2 90^\circ = 1$;
- g représente l'accélération de la pesanteur (9,81).

Cette équation (5) est elle-même déduite, après simplifications, de celle de la parabole décrite par un projectile dans le vide, et qui selon Brouhat [8], s'exprime par l'équation :

$$y = X \cdot \tan \alpha - \frac{gx^2}{2V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} \quad (6) \text{ d'où nous}$$

pouvons mesurer l'ordonnée y du projectile à l'instant t situé au milieu du temps de suspension (TS).

$$Y = V_0 \cdot t \cdot \sin \alpha - \frac{1}{2} g t^2 \quad (7)$$

Dans notre étude, V_0 qui représente la vitesse initiale est nulle. Dès lors :

$$y = \frac{1}{2} g t^2 \quad (8) \text{ où } g \text{ est connue, ainsi que } t$$

(TS) grâce à l'étalonnage de notre plateforme de forces. En appliquant cette équation (8), nous pouvons mesurer l'élévation théorique du C.G par le temps de suspension (E_{ThTS}). Celle-ci est égale à :

$$\frac{1}{2} g T S^2 \quad (9), \text{ c'est-à-dire au demi-produit du carré de la moitié de TS par } g.$$

2.2.5. Traitement des données

Nous avons utilisé le test t de Student pour observations paires [9] .

3.- Résultats

La position de référence h_3 rapproche, au point de vue égalité, les grandeurs d'élévations réelle et théorique du C.G. lors des six premiers essais (tableau I)

Tableau I : Mesures des élévations réelles (E_R) et théoriques (E_{Th}) du centre de gravité (C.G) des six premiers essais

Essais	H	Mesures des E_R par rapport positions de référence (cm)			Mesure des E_{Th} à partir du temps de suspension TS et à partir de la vitesse (V)				
		h_1 237	h_2 231	h_3 248	$\frac{1}{2}$ TS (en sec.)	$\frac{1}{2} gTS^2$ (en cm)	$\int_{t_0}^t F \Delta t$ (en kgf. sec.)	V (en m. sec)	$V^2/2g$ (en cm)
1	272,5	35,5	41,5	24,5	0,2525	24,2	17,0848	2,1995	24,6
2	275,5	38,5	44,5	27,5	0,235	27	18,045	2,3231	27,5
3	278	41	47	30	0,245	29,4	18,871	2,4294	30
4	280,5	43,5	49,5	32,5	0,2575	32,5	19,6515	2,5299	32,6
5	281,3	44,3	50,3	33	0,26	33,1	19,889	2,5606	33,4
6	283	46	52	35	0,2675	35,09	20,5312	2,7258	35,6

Légende : **H** : Hauteurs atteintes par les doigts au sommet du saut ;

h_3 : taille debout sur pointe des pieds, 1 bras levé ;

h_1 : taille debout sur pieds à plat, 1 bras levé ;

g : accélération de la pesanteur (9,81) ;

h_2 : taille debout sur pieds à plat 2 bras levés ; $\int_{t_0}^t F \Delta t$: intégrale de la force F

Nous notons une différence de 5 cm à 5,6 cm entre les essais 3 et 6 qui sont les meilleurs effectués respectivement sans et avec mouvement de bras. Ceci représente une augmentation de 16,6 à 18,66% des E_R et des E_{Th} . Pour les six derniers essais (tableau II), c'est plutôt h_1 qui permet d'obtenir une quasi-égalité (la différence n'étant que de 0,3 cm à 1,5 cm) entre les élévations réelles et théoriques (calculées à partir de la vitesse) qui sont de 8 cm à 11 cm supérieures aux élévations théoriques calculées à partir du temps de suspension. Les élévations réelles des essais n°s 7, 8 et 9 sont plus grandes que celles calculées à partir de la vitesse. L'inverse se produit au niveau des essais 10, 11 et 12. Entre le

meilleur essai (n° 8) effectué sans mouvement de bras et l'essai n° 9 réalisé avec un mouvement de bras, il y a une différence de 5,3 cm à 5,5 cm, soit une augmentation d'élévation du C.G. de 13,08% à 13,58%.

Par rapport à h_3 , les moyennes des différences entre les E_R et E_{Th} ne sont pas significatives pour les essais 1 à 6 (tableau III). Il en est de même entre $E_R h_1 - E_{Th}V$ d'une part, et $E_R h_3 - E_{Th}TS$ d'autre part pour les essais 7 à 12. Ceci confirme les égalités constatées aux tableaux I et II).

4. Discussion

Dans l'interprétation du tracé dynamographique de Démeny [3] rapporté par Lauru

[10], Dufour [11] a distingué les surfaces \mathbf{D} et \mathbf{I}_N (\mathbf{R}) ; \mathbf{D} étant égale à \mathbf{R} (ce que corroborent nos résultats). Au niveau de celui de Hay [4], nous avons constaté cette égalité. Dans son étude, Delhez [7] affirme que \mathbf{D} et \mathbf{I}_N sont effectivement égales. Nos résultats, de même que ceux de Lepers et al. [12] confirment cette égalité. Contrairement à Falize et al. [5], nous avons, comme les auteurs cités ci-dessus, exclu \mathbf{I}_N de la totalité de l'aire située au-dessus de la ligne de poids du corps. Ceux-ci s'accordent à dire qu'en effet, les surfaces \mathbf{D} et \mathbf{I}_N correspondent l'une à l'allègement de la plate-forme de forces dû à la prise d'élan du sauteur, l'autre à l'impulsion de freinage causée par le travail négatif des muscles qui ralentissent et arrêtent la descente du centre de gravité vers le bas c'est-à-dire, à la fin de la flexion des cuisses sur les jambes. A cet instant, les courbes d'intégration graphique de la vitesse \mathbf{V} du centre de gravité et de l'espace \mathbf{E} parcouru par celui-ci vers le bas, en rapprochement avec le kinégramme de Delhez [7], montrent en effet que \mathbf{V} est nulle et que \mathbf{E} a atteint son maximum. En d'autres termes, le centre de gravité est descendu à son point le plus bas avant d'entamer sa remontée au tout début de l'impulsion motrice représentée par la surface \mathbf{I}_M . Selon Lepers et al. [12], les surfaces \mathbf{I}_N et \mathbf{I}_M correspondent respectivement aux contractions excentrique et concentrique du quadriceps.

La surface \mathbf{I}_{C1} est imputable à la vitesse de déroulement du papier d'enregistrement, puisque le sujet a décollé de la plate-forme à l'instant \mathbf{T} . Ce faisant, la plume inscriptrice ne revient jamais verticalement sur la ligne zéro de l'appareil. Cela se serait produit s'il y avait eu un arrêt de l'enregistreur juste à la fin de l'ultime contact des orteils avec la surface de travail de la plate-forme.

L'égalité quasi parfaite entre les élévations réelles et théoriques du centre de gravité lors des six premiers essais (les \mathbf{t} n'étant pas significatifs – tableau III) s'explique par le fait que la position de référence h_3 se rapproche de l'attitude du sujet en extension complète sur la pointe des pieds à la fin de l'impulsion motrice. Par ailleurs, celui-ci effectue ses sauts en partant de la pointe des pieds, position qu'il garde pendant les phases d'allègement et d'impulsions frénatrice et motrice. Il exerce alors moins de pressions sur la plate-forme qu'en partant de celle-ci, pieds à plat. La mesure de l'élévation théorique du C.G par le temps de suspension est fondée sur le principe que les temps d'ascension et de chute sont égaux. Cette élévation est égale et opposée à l'action de la pesanteur qui commence du sommet de la trajectoire et se termine avec le premier contact (par la pointe des pieds) du sauteur avec la plate-forme de forces lors de la chute. C'est pourquoi, en référence à h_1 , nous n'avons pas une égalité entre les E_{ThV} et les E_{ThTS} (tableau II).

Tableau II : Mesures des élévations réelles (E_R) et théoriques (E_{Th}) du centre de gravité (C.G) des six derniers essais

Essais	H	Mesures des E_R par rapport positions de référence (cm)			Mesure des E_{Th} à partir du temps de suspension (TS) et à partir de la vitesse (V)				
		h_1 237	h_2 231	h_3 248	$\frac{1}{2}$ TS (en sec.)	$\frac{1}{2}$ gTS (en cm)	$\int_{t_0}^t F \Delta t$ (en kgf. sec.)	V (en m. sec)	$V^2/2g$ (en cm)
7	276,3	39,3	45,3	28,3	0,24	28,2	21,1666	2,725	37,8
8	277,5	40,5	46,5	29,5	0,24	29,4	21,5688	2,7768	39,2
9	282,8	45,8	51,8	34,8	0,26	34,4	23,0246	2,9642	44,7
10	80	43	49	32	0,27	34,8	22,6825	2,9201	43,4
11	279,8	42,8	48,8	31,8	0,26	34,4	22,596	2,909	43,1
12	283,3	46,3	52,3	35,3	0,27	36,4	23,7215	3,0539	47,5

Légende : **H** : Hauteurs atteintes par les doigts au sommet du saut ;

h_3 : taille debout sur pointe des pieds, 1 bras levé ;

h_1 : taille debout sur pieds à plat, 1 bras levé ;

g : accélération de la pesanteur (9,81) ;

h_2 : taille debout sur pieds à plat 2 bras levés ; $\int_{t_0}^t F \Delta t$: intégrale de la force F

Par rapport à la position de référence h_1 au niveau des six derniers essais, les faibles différences (0,3 cm à 1,5 cm) entre les élévations réelles et théoriques calculées à partir de la vitesse, et donc de l'intégrale de la force, rend crédible notre démarche

pour déterminer, avec la plus grande précision possible, la surface I_M qui représente cette intégrale qui est égale à l'impulsion motrice $F.t$. La moyenne des différences n'est pas en effet significative (tableau III).

Tableau III : Comparaison des élévations réelles (E_R) et théoriques (E_{Th}) du centre de gravité (C.G.)

Essais	Moyennes et écarts-types des différences entre les E_R et E_{Th} du C.G., valeurs et degrés de signification du t de Student pour observations paires					
	$E_R h_1 - E_{Th} TS$	$E_R h_1 - E_{Th} V$	$E_R h_2 - E_{Th} TS$	$E_R h_2 - E_{Th} V$	$E_R h_3 - E_{Th} TS$	$E_R h_3 - E_{Th} V$
1 à 6	11,25 ± 0,26 102,283 *	10,85 ± 0,13 193,060 *	17,25 ± 1,46 28,762 *	16,85 ± 0,78 52,280 *	0,2 ± 0,3 1,617 NS	0,2 ± 0,24 2,002 NS
7 à 12	10 ± 1,54 21,222 *	0,28 ± 1,19 0,579 NS	16,01 ± 1,42 27,486 *	6,41 ± 0,98 15,960 *	0,98 ± 1,42 1,687 NS	10,66 ± 1,1 23,513 *

Légende : E_R du C.G. par rapport aux positions de référence :

E_{Th} du C.G à partir :

- du temps de suspension TS ;
- de la vitesse V.

h_1 : taille debout sur pieds à plat, 1 bras levé ;

h_2 : taille debout sur pieds à plat, 2 bras levés ;

h_3 : taille debout sur pointe des pieds, 1 bras levé.

Degrés de signification des valeurs du t de Student (degré de liberté égal à n-1 c'est-à-dire 5) :

NS = non significatif ; * : $P < .001$;

P = probabilité.

5.- Conclusion

L'A.J.R est un test qui permet de mesurer de façon fidèle l'élévation du centre de gravité lors du saut vertical, et ce par rapport à son niveau habituel en station debout, pieds à plat, un bras levé. Cette élévation est l'expression de la détente verticale, qualité physique nécessaire pour réaliser une bonne performance aux sauts, notamment en hauteur. Il peut être utilisé sans plate-forme de forces dans le cadre d'une opération de détection de jeunes talents sportifs.

6.- Références

- [1] Sargent D.A. The physical test of man Am. Phys. Educ. Rev. 1921 ; **26** : 188-194.
- [2] Mc Cloy C.H. Resent studies in the Sargent Jump. Res. Quart. 1932 ; **3** : 325-42.
- [3] Demény G. Mécanisme et éducation des mouvements. Paris : Alicant ; 1907.
- [4] Hay J.G. An investigation of take-off impulses in two styles of high jump. Res. Quart. 1968 ; **39** : 983-92.
- [5] Falize J., Lucassen J.P., Hunabelle G. Analyse de l'impulsion dans le saut en hauteur sans élan. Kinanthropologie 1969, **1** : 25-43.

- [6] Lamb H.F., Stothart P. A comparison of cinematographic and force platform techniques for determining take-off velocity in the vertical jump. *Biomechanics VI – A* 1978, 387-91.
- [7] Delhez L. Analyse biomécanique de quelques exercices effectués sur plate-forme de forces. *Rev. Educ. Phys.* 1979 ; **19** : 33-51.
- [8] Brouhat J. Cours de physique générale – mécanique. Paris : Masson ; 1961.
- [9] Bhushan V. Les méthodes en statistique. Québec, les Presses de l'Université Laval ; 1978, 88-102.
- [10] Lauru L. Physiological study of motions. *Advanced managment* 1957 ; **22** : 17-24.
- [11] Dufour W. Le mouvement humain et la locomotion bipodale. *La gymnastique éducative* 1959 ; **4** : 128-40.
- [12] Lepers R., Hausswirth C. Altération des performances neuro-musculaires après un exercice physique prolongé. Analyse comparée d'une épreuve de marathon et de triathlon. *Science et motricité* 1998 ; **34** : 37-43.

