

# ANALYSE DES IMPULSIONS ET DE LEUR RELATION AVEC LES PERFORMANCES AU SAUT VERTICAL ET EN LONGUEUR PIEDS JOINTS

## ANALYSIS OF IMPULSES AND THEIR RELATION TO PERFORMANCES IN HIGH AND STANDING LONG JUMPS

*Faye J<sup>\*1</sup> et Falize J.<sup>2</sup>*

---

### *Résumé :*

Notre objectif est de déterminer l'impulsion motrice et ses paramètres biomécaniques, et d'analyser leur relation ainsi que celle de la taille et du poids corporels avec les performances. Dans ce but, nous avons fait usage d'un appareillage ciné dynamographique pour relier les forces aux mouvements du sauteur. La vitesse de notre caméra et de notre enregistreur de forces ainsi que l'étalonnage de notre plate-forme de forces nous ont permis de délimiter sur chaque dynamogramme la surface dont l'intégrale qu'elle représente est égale à l'impulsion motrice. Celle-ci et la vitesse acquise à sa fin sont significativement liées aux performances que sont les élévations réelle et théorique du centre de gravité au saut vertical. Il n'en est de même au saut en longueur pieds joints que si la performance est réalisée avec certaines valeurs de l'angle d'envol  $\alpha$  ( $24^\circ$  à  $25^\circ$ ). La taille et le poids n'ont pas d'influence sur les performances. Le saut vertical est un test fidèle, valide et accessible. Il peut être complété par le saut en longueur pieds joints pour évaluer la détente globale du sportif.

### *Mots-clés :*

saut, pieds joints, impulsion, performance

### *Abstract :*

Our purpose is to asses motive impulses and their biomechanical parameters, and analyse their relation, as well as those of the body's height and weight, to performances. For this purpose, we used cyndynamographic apparatus to link the powers with the jumper's motions. The speed of our camera and power recorder, and our power platform calibration enabled us to delimit on each dynamogramme, the area representing an integral equal to the motive impulse. The latter and its final momentum are significantly related to performance that are the actual and theoretical rises of the center of gravity in hight jumping. This holds for standing long jump only when the performance is achieved under some values of the take-off angle  $\alpha$  ( $24^\circ$  à  $25^\circ$ ). Height and weight do not affect performance. High jumping is a reliable, valid and accessible test. It can be supplemented by standing long jump for an assessment of the jumper's global spring.

### *Key-words :*

jump, standing, impulse, performance.I.

---

<sup>1\*</sup> Institut National Supérieur de l'Education Populaire et du Sport (INSEPS), Université Cheikh Anta Diop. Stade Iba Mar Diop, B.P. 3256 DAKAR. SENEGAL

<sup>2</sup> Service de Kinanthropologie, Institut Supérieur d'Education Physique, Université de LIEGE au Sart-Tilman, BELGIQUE.

## I. INTRODUCTION

L'impulsion est une partie importante aux sauts athlétiques. Au cours de celle-ci, le sauteur développe des forces que l'on peut mesurer grâce à l'enregistrement de pressions exercées au niveau de l'appui unipodal ou bipodal. La forme et l'amplitude des tracés qui visualisent ces forces ainsi que leur orientation dans l'espace fluctuent en fonction de la nature des sauts. L'intensité des pressions évolue différemment suivant les différentes phases de l'impulsion. Demény G. [1] disait déjà que ces indications de la variation de la pression du pied sur le sol jointes à l'analyse cinématographique par la photographie contient, si on sait les interpréter, tous les éléments nécessaires à l'étude de la force et du travail des muscles moteurs. Notre objectif est de délimiter sur chaque courbe de force la surface qui représente au mieux l'impulsion motrice, et d'étudier la relation qui unit la performance à la taille et au poids corporels, à cette impulsion et aux paramètres biomécaniques qui lui sont tributaires.

## II. MATERIEL ET METHODES

### II.1. MATERIEL

#### II.1.1. Les sujets

Tous étudiants à l'Institut Supérieur d'Education Physique (I.S.E.P.) de l'Université de l'Etat à Liège, ils étaient 41

et 9 volontaires à effectuer respectivement le saut vertical et le saut en longueur pieds joints. Ils avaient  $21,5 \pm 1,6$  ans d'âge,  $179,5 \pm 5$  centimètres (cm) de taille, leur poids étant de  $73,104 \pm 8,232$  kilogrammes (kg).

#### II.1.2. Le matériel

Notre étude a nécessité l'usage :

- d'un appareillage composé de deux planchettes de bois de longueur inégale, graduées en cm, et munies de crochets qui permettent de les placer contre un panneau de basket-ball dont la hauteur est réglable (cf. Figure n°1A). La planchette la plus courte possède une longueur égale à celle du panneau de basket-ball ; l'autre pouvant être largement atteinte par les sujets en station debout ;
- d'une chaise d'arbitrage de volley-ball ;
- d'une plate-forme dynamographique et de deux ensembles vidéo portable et fixe que nous avons déjà décrits dans une étude précédente [2] ;
- d'un inscripteur U.V. HONEYWELL pour enregistrer les forces à la vitesse de 43 millimètres par seconde.

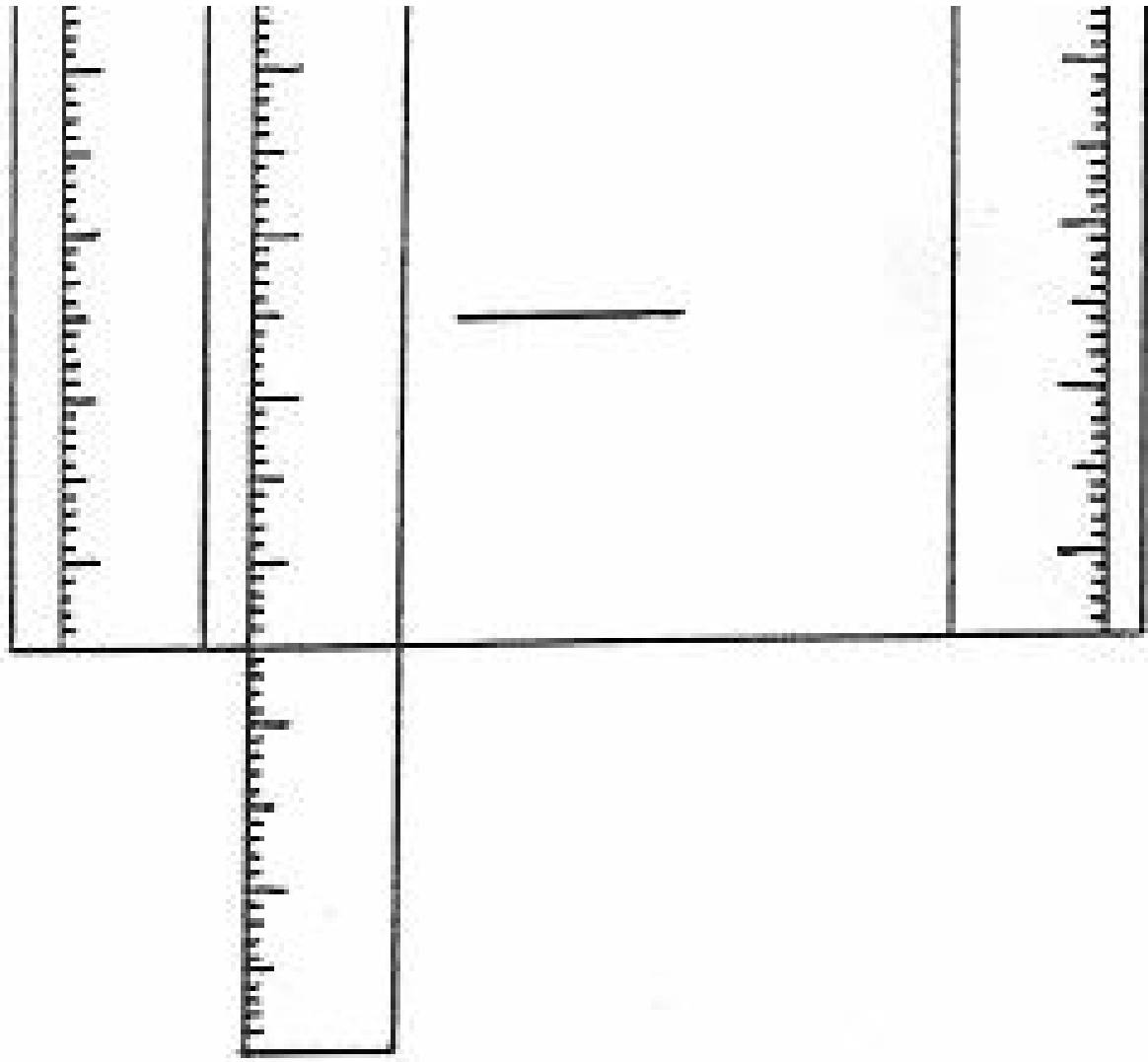


Figure 1A : Appareillage du saut vertical

## II.2. METHODES

Le saut vertical s'est déroulé dans la halle Omnisports de l'I.S.E.P., tandis que le saut en longueur pieds joints a été effectué dans le Laboratoire d'Analyse du Mouvement et de Biomécanique de l'Institut Malvoz de Liège.

### II.2.1. Protocoles

Pour l'ensemble des sujets, la taille (T) et le poids (P) ont été mesurés avant l'exécution des sauts. Il en a été de même pour la position de référence en station debout correspondant à la hauteur (h) sol extrémité des doigts (pieds à plat, 1 bras levé) atteinte

par chaque sujet concerné par le saut vertical. Pour ce faire, la planchette de bois la plus longue a été utilisée avant d'être décrochée au début des essais. Pour les sujets destinés au saut en longueur pieds joints, nous avons fixé un repère latéral au-dessus de la hanche, et qui correspond à la hauteur du centre de gravité en station debout. Celle-ci, selon la formule de Bobert [3], est égale à  $0,566 \times \text{taille} - 0,0084$  ; la taille étant exprimée en mètre(s). Par ailleurs, nous avons déterminé la valeur du millimètre carré ( $\text{mm}^2$ ) de surface en kilogrammes-forces par seconde (Kgf. sec.) à partir de l'étalonnage de la plate-forme de forces et de la vitesse de déroulement du

papier d'enregistrement qui ont respectivement permis de connaître les valeurs du mm en ordonnée (en kgf) et en abscisse (en sec.). L'appareillage ciné dynamographique est mis en marche chaque fois qu'un sujet monte sur la plate-forme de forces pour effectuer ses essais filmés à la vitesse de 25 images par seconde. Ceci nous a permis de relier la dynamique des forces aux mouvements du sauteur (cf. Figure n° 2).

### II.2.1.1. Le saut vertical (cf. Figure n° 1B)

Ils s'agit de « l'Adapted Jump and Reach » (A.J.R.) qui a fait l'objet d'une étude réalisée par Faye J. et al. [2]. Le sujet, après s'être enduit les doigts avec de la magnésie, monte sur la plate-forme de forces placée presque à l'aplomb du panneau de basket-ball, du côté de la planchette de bois la plus courte. Pieds à plat, bras le long du corps, il fléchit sur les genoux en même temps qu'il fléchit les bras, coudes s'écartant du tronc. Il effectue une impulsion sur deux pieds en étendant les bras pour toucher d'une main (celle du bras qui a été levé lors de la mesure de la position de référence), et le plus haut possible, la planchette de bois. A proximité de celle-ci, se trouve un observateur assis sur la chaise d'arbitrage de volley-ball pour noter, avec précision, la Hauteur (H) atteinte par les doigts. Les empreintes digitales sont effacées après chaque essai ; le meilleur des trois essais accordés par sujet étant retenu pour mesurer la performance c'est-à-dire, l'élévation réelle ( $E_R$ ) du Centre de Gravité (C.G.) en fonction de la position de référence décrite ci-dessus.

$$E_R = H - h \text{ (en cm).}$$

### II.2.1.2. Le saut en longueur pieds joints (cf. Figure n°2)

Le sujet est debout, immobile derrière une ligne d'appel que nous avons tracée sur le

tiers antérieur de la plate-forme de forces, bras le long du corps. A la fin d'un mouvement de flexion sur les genoux, bras ramenés en arrière, il saute le plus loin possible vers l'avant. La performance ainsi réalisée (en cm.) est égale à la distance comprise entre l'impact du talon qui est le plus en arrière lors de la chute et la ligne d'appel. Trois essais ont été accordés à chaque sujet, et le meilleur a été retenu.



Figure 1B : Le saut vertical

### II.2.3. Analyse des tracés dynamographiques

#### II.2.3.1. Saut vertical (cf. Figure n° 1C)

Les tracés sont identiques à ceux que nous avons obtenus lors de notre étude d'évaluation de l'impulsion au saut vertical [2]. Par rapport à la ligne de poids du corps (P - P) et à partir du départ du saut en a, ils forment les surfaces D et I. La force s'annule pendant que le sauteur est en phase de suspension (S). A la fin de celle-ci, apparaît un troisième surface. Nous inspirant de cette étude, nous avons

systématiquement déterminé dans la surface  
 | les surfaces :

- $I_N$  qui est égale à D
- $I_M$  qui représente la poussée du sauteur vers le haut c'est-à-dire, l'impulsion motrice F.t. ;
- $I_{C1}$  qui est égale aux surfaces C' et C''. Cette dernière précède la troisième surface due à la chute du sujet (son retour) sur la plate-forme de forces.

plus bas lors du mouvement de descente du sauteur (cf. Figure n° 2c), et ensuite reporté en abscisse de la courbe  $F_Y$  la valeur (en durée) correspondant au temps mis par ce repère pour atteindre son niveau le plus bas. Cette valeur s'est située à la limite entre les surfaces  $I_{NY}$  et  $I_{MY}$ . Une perpendiculaire à l'abscisse passant par cette limite coupe la courbe  $F_Y$  en un point d'inflexion et/ou de redressement (cf. flèche). La même perpendiculaire rencontre la courbe  $F_X$  en un point d'inflexion (cf. flèche), caractéristique à toutes les courbes  $F_X$ , et permet la démarcation des impulsions de freinage ( $I_{NX}$ ) et motrice ( $I_{MX}$ ). Roy B. [4]

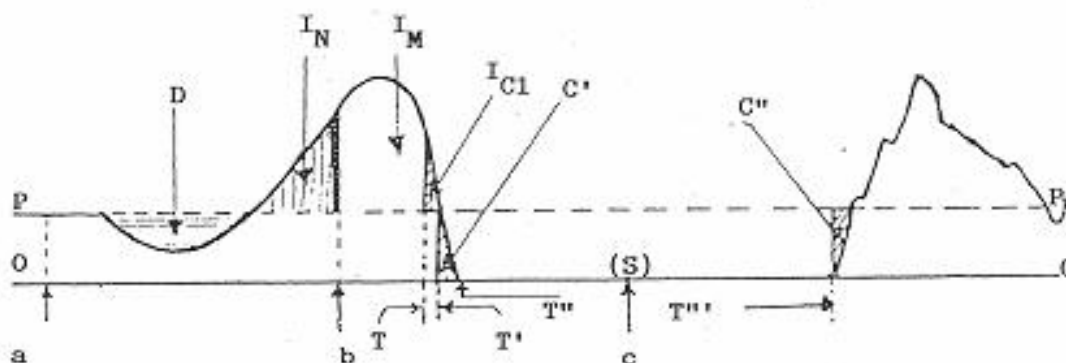


Figure 1C : Dynamogramme du saut vertical

### 11.2.3.2. Saut en longueur pieds joints (cf. Figure n°2)

Nous nous sommes inspirés de notre démarche au saut vertical pour déterminer les impulsions de freinage ( $I_{NY}$ ) et motrice ( $I_{MY}$ ) de la force verticale Y. Mais pour cela, nous avons fait la somme algébrique des aires (en  $mm^2$ ) d'allègement (négatives) et de suppression (positive) par rapport à la ligne de poids du corps. Cette somme représente  $I_{NY}$ . Pour vérifier l'exactitude d'une telle démarche, l'usage du film s'est avéré nécessaire. Nous avons d'abord, image par image, calqué sur écran de vidéo les déplacements du repère du C.G. préalablement fixé au-dessus de la hanche du sujet et considéré la position du repère le

et Delhez L. [5] ont déjà utilisé ces points pour délimiter ces surfaces. A partir de e (cf. Figure n° 2), nous avons calqué, image par image, les différentes positions du repère de la hauteur du C.G. durant la phase d'envol. En traçant une ligne qui passe par ces positions, nous obtenons une trajectoire parabolique dont la tangente et l'horizontale passant par le C.G. en e forment l'angle d'envol ( $\alpha$ ) du sauteur.

Pour les deux sauts, la connaissance de la valeur du mm en ordonnée nous a permis de calculer la force maximale instantanée ( $F_i$ ) en kgf. Elle correspond au sommet de chaque courbe. Celle du mm en abscisse a contribué à la détermination :

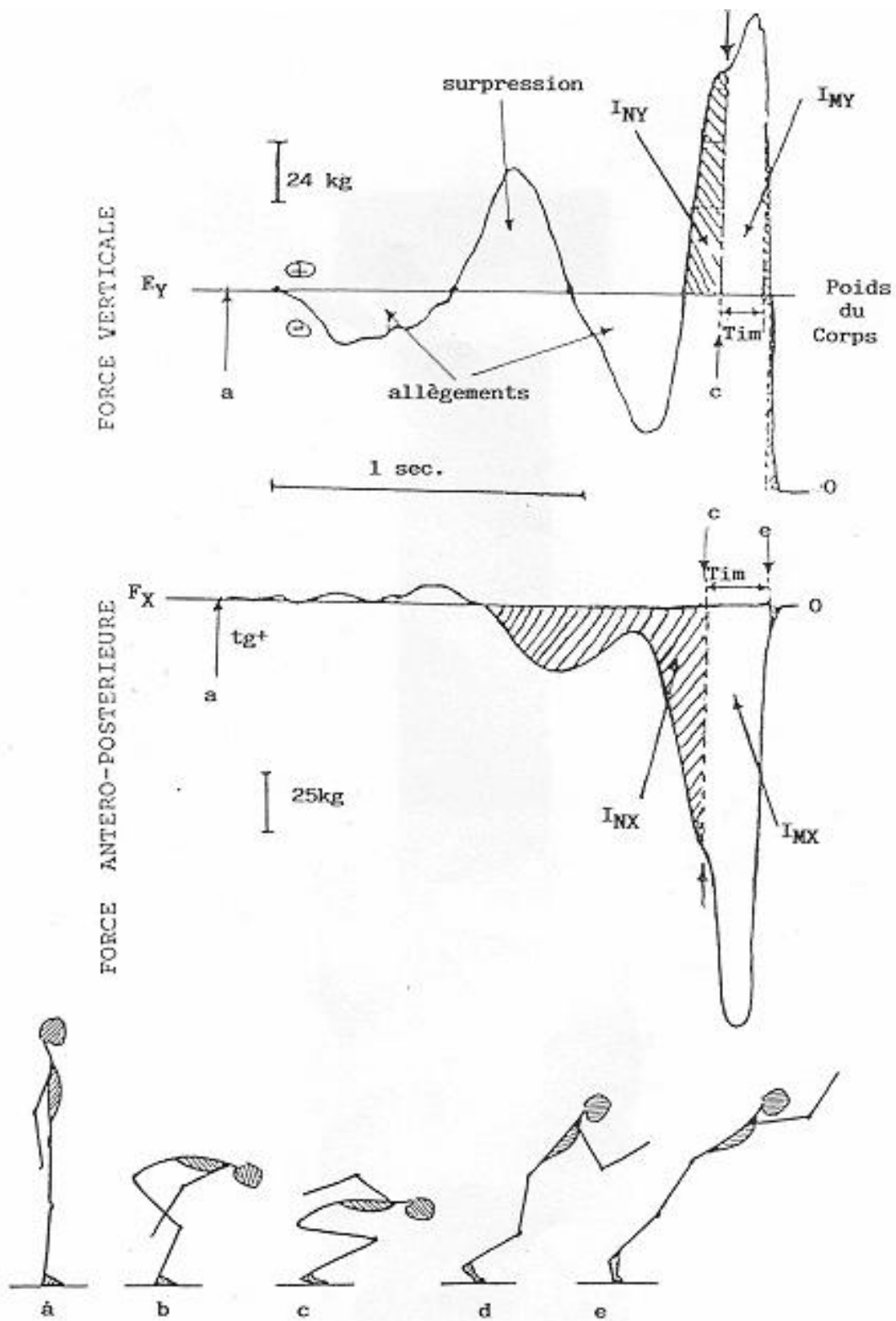


Figure 2 : Kinégramme et dynamogrammes vertical et antéropostérieur du saut en longueur pieds joints.

- du temps d'impulsion motrice ( $T_{im}$ , compris entre le moment b (cf. Figure

n° 1C) ou c (cf. Figure n° 2) où le sauteur termine sa descente vers le bas par une flexion de ses cuisses sur les jambes et T (cf. Figure n° 1C) ou e (cf. figure n° 2) où il décolle de la plateforme de forces par la pointe des pieds ;

- du temps de suspension (TS) au milieu duquel (cf. Figure n° 1Cc) le sauteur touche la planche de bois (cf. Figure n° 1B).

#### II.2.4. Mesure des impulsions motrices (F.t) et de leurs vitesses

Les surfaces  $I_M$  des courbes de forces verticale et horizontale représentent les poussées qui permettent au sauteur de s'auto-propulser dans l'espace. Chacune d'elle est égale au produit de la force (F) par son temps (t) d'application. Elle est mesurée par l'équation du mouvement que rappellent Falize J. et al. [6] :

$$m(V - V_0) = F.t \text{ ou } V - mV_0 = \int_{t_0}^t F\Delta t \quad (1)$$

où :

- m représente la masse du sauteur ;
- V est la vitesse à la fin de l'impulsion ;
- $V_0$  correspond à la vitesse initiale avant l'impulsion ; s'agissant de notre étude de sauts sans course d'élan, cette vitesse est nulle. Dès lors, l'équation (1) peut s'écrire comme suit :

$$mV = F.t = \int_{t_0}^t F\Delta t \quad (2). ;$$

- $\int_{t_0}^t F\Delta t$  est l'intégrale de la force F représentée par la surface  $I_M$  calculée en  $\text{mm}^2$ . Sa mesure en Kgf. sec s'effectue par le produit de sa surface par la valeur du  $\text{mm}^2$ .

De l'équation (2), l'on peut calculer V en osant :

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

Au saut vertical, nous avons calculé l'élévation théorique ( $E_{th}$ ) du C.G. à partir de la vitesse ( $E_{thV}$ ). Elle est égale à  $\frac{V^2}{2g}$  (4) où g représente l'accélération de la pesanteur (9,81).

Compte tenu de la nature de ce saut, il n'existe qu'une impulsion F.t et une vitesse verticale ; la vitesse horizontale étant nulle. En ce qui concerne le saut en longueur, nous avons distingué :

- l'intégrale résultante  $\left( \int_{t_0}^t F\Delta t \right)$  des forces d'impulsion motrices verticale et horizontale ;
- la vitesse résultante ( $V_R$ ) des vitesses verticale et horizontale.

#### II.2.5. Traitement des données

Il est fait au moyen du coefficient de corrélation (r) de Pearson [7].

### III. RESULTATS

#### III.1. Saut vertical (cf. Tableau I).

L'intégrale de la force  $\left( \int_{t_0}^t F\Delta t \right)$  représentant l'impulsion motrice F.t ainsi que la vitesse d'impulsion (V) sont en relation significative avec les performances que sont les élévations réelle ( $E_R$ ) et théorique calculée à partir de la vitesse ( $E_{thV}$ ). Celles-ci sont très fortement liées ( $r = .995$ ) entre elles. D'où l'importance de leur taux de variance commune ( $r^2 \times 100$ ) qui est de 99 %.

Tableau I : Coefficients de corrélation (r) unissant les variables étudiées aux performances au saut vertical.

Variables	Moyennes et écarts-types	r	
		ER	EThV
T	179,5 ± 5	-. 071 N.S.	- . 025 N.S.
P	73,104 ± 8,232	-. 144 N.S.	- . 117 N.S.
F.t	23,04 ± 2,68	. 535**	. 559**
V	3,16 ± 0,244	. 995***	. 999***
Tim	184 ± 44,67	. 098 N.S.	. 071 N.S.
Fi	216 ± 47,92	. 123 N.S.	. 017 N.S.
ER	51,16 ± 5,15	-	. 995***
EThV	51,04 ± 7,79		-

Légende :

- T : taille en centimètres ; P : poids en kilogrammes ;
- F.t. : impulsion motrice (= intégrale de la force) en Kg.f./sec. ;
- V : vitesse à la fin de l'impulsion en mètres/sec. ;
- Tim : temps d'impulsion motrice en millièmes de sec. ;
- Fi : force maximale instantanée en pourcentage du poids corporel ;
- ER : élévation réelle du centre de gravité (C.G.) ;
- Degrés de signification du r. N.S. : non significatif ;
- EThV : élévation théorique du C.G. calculée à partir de la vitesse ;
- P : probabilité, \*\* : P < . 01 ; \*\*\* : P < . 001

### III.2. Saut en longueur pieds joints

Aux plans individuel et interindividuel, les sujets réalisent généralement de meilleures performances avec :

- une plus grande force maximale instantanée (Fi) ;
- un temps d'impulsion motrice (Tim) plus long ;
- une impulsion motrice résultante, c'est-à-dire une intégrale résultante  $\left( \int_{t_0}^t F \Delta t \right)$

plus grande. Celle-ci, contrairement à la vitesse résultante ( $V_R$ ), n'est pas corrélée aux meilleures performances (cf. Tableau II, partie A) ;

- un angle d'envol à supérieur ou égal à 24°, mais inférieur ou égal à 25°, et ce avec une intégrale résultante moins grande. Seule celle-ci et la vitesse résultante sont en relation significative avec les performances réalisées avec ces angles (cf. Tableau II, partie B).



Tableau II : Coefficients de corrélation (r) unissant les variables étudiées aux meilleures performances (A) et aux performances réalisées avec des angles  $\alpha$  :  $24^\circ$  à  $25^\circ$  (B) au saut en longueur.

Variables	A		B	
	Moyennes et écarts-types	r perf.	Moyennes et écarts-types	r perf.
T	181,77 ± 7,15	.192 N.S.	182 ± 7,48	.531 N.S.
P	75,58 ± 8,56	.538 N.S.	74,47 ± 7,24	.118 N.S.
F.tR	28,60 ± 6,61	.528 N.S.	28,60 ± 4,90	.769*
VR	3,85 ± 0,56	.970**	3,73 ± 0,46	.989**
$\alpha$	22,88 ± 2,02	.228 N.S.	24,37 ± 0,47	.468 N.S.
Tim	184 ± 21,49	.503 N.S.	178,85 ± 15,95	.459 N.S.
Fi	159,24 ± 22,54	.651 N.S.	160,77 ± 22,27	.592 N.S.
Perf.	250,55 ± 19,34	–	250,14 ± 20,27	–

Légende :

- T : taille en centimètres ; P : poids en kilogrammes (kg)
- FtR : impulsion motrice résultante en Kg. force/sec. ;
- VR : vitesse résultante à la fin de l'impulsion motrice en m/sec. ;
- $\alpha$  : angle d'envol ; Perf. : performance en centimètres ;
- Tim : temps d'impulsion motrice en millièmes de secondes ;
- Fi : force maximale instantanée en pourcentage du poids corporel ;
- Degrés de signification de r. N.S. : non significatif ;
- P = probabilité, \* :  $.05 > P > .01$  ; \*\* :  $P < .01$ .

#### IV. DISCUSSION

Au saut vertical (cf. Figure n°1C), l'égalité des surfaces D et  $I_N$  a été largement soulignée dans la littérature [8, 9, 6, 10, 2].

- D représente l'allègement de la plateforme de forces dû à la prise d'élan du sauteur ;
- $I_N$  correspond à l'impulsion de freinage causée par le travail négatif des muscles qui ralentissent et arrêtent la descente

du C.G. vers le bas (en b), moment à partir duquel le sauteur entame l'impulsion motrice F.t représentée par la surface  $I_M$  ;

- $I_N$  et  $I_M$  correspondent respectivement aux contractions excentrique et concentrique du quadriceps [10] ;
- La surface IC1 est due à la vitesse de déroulement du papier d'enregistrement, et égale aux aires  $C'$  et  $C''$  [2].

L'absence de relation significative entre la taille et les performances réelle ( $E_R$ ) et théorique ( $E_{ThV}$ ) prouve, s'il n'est besoin, que le saut vertical est une mesure valide de l'élévation du C.G. à partir de sa position en station debout, pieds à plat, 1 bras levé. Par ailleurs, la valeur très élevée de la variance commune (99 %) entre  $E_R$  et  $E_{ThV}$  confirme la fidélité de cette mesure que nous avons déjà effectuée [2]. Dès lors, l'on peut, sans plate-forme de forces, évaluer avec une grande précision, cette élévation du C.G. D'où le caractère accessible de ladite mesure.

Contrairement à Hunebelle G. et al. [11], nous n'avons pas trouvé de corrélation significative entre, d'une part, la force maximale instantanée et le temps d'impulsion motrice, et, d'autre part, la performance. L'obtention par ces auteurs d'un  $r$  significatif à ces niveaux pourrait être due au fait que la performance c'est-à-dire, l'élévation du C.G., a été calculée à partir du temps de suspension TS ou  $t$  ( $E_{ThTS} = \frac{1}{2} g t^2$  [2]) et non à partir de la vitesse  $V$  mesurée grâce à l'équation (3). Or, comme nous l'avons prouvé dans notre étude de l'impulsion verticale [2], il y a une différence de 8 à 11 cm entre  $E_{ThV}$  et  $E_{ThTS}$ .

Au saut en longueur, Falize J. et al. [6], en analysant la composante verticale de la force obtenue par Demény G. [1], pensent que les deux allègements entre lesquels s'insère une surpression servent d'élan préparatoire au sauteur (cf. dessins a à c de la Figure n° 2); la dernière surpression correspond à l'impulsion proprement dite c'est-à-dire, l'impulsion motrice verticale. D'après ces auteurs, celle-ci commence en même temps que la pression horizontale vers l'arrière appelée « effort tangentiel positif » ( $tg+$ ) ou pression normale que représente la force antéro-postérieure. Selon notre tracé et ceux de Roy B. [4] et de Delhez L. [5], cette force débute avant la force verticale. Elle commence en réalité au

milieu de la phase d'allègement, et se termine peu après l'impulsion verticale. Ceci est logique vu la nature du saut; celui-ci étant plus orienté vers l'avant que vers le haut.

Nous constatons que, comme au saut vertical, la taille et le poids, ainsi que la force maximale instantanée et le temps d'impulsion motrice n'ont aucune influence sur la performance. Nos résultats ne corroborent pas les données de la littérature [12, 13, 14,], selon lesquelles la meilleure performance est réalisée avec une force maximale instantanée appliquée en un temps d'impulsion motrice le plus bref possible. A ce propos, Ballreich R. [14] affirme en effet que « le temps d'action (impulsion) sera plus court pour une force d'extension plus grande, et que le supplément de force non seulement compense la réduction du temps d'action, mais accroît aussi la puissance de l'impulsion ». La longue durée du temps d'impulsion que nous avons enregistrée se justifierait essentiellement par le fait qu'il s'agit pour la présente étude d'un saut pieds joints non précédé d'une course d'élan.

Aux plans individuel et interindividuel, l'insuffisance d'une force maximale instantanée et d'un temps d'impulsion motrice est compensée par un angle d'envol ( $\alpha$ ) compris entre  $24^\circ$  et  $25^\circ$  pour la réalisation d'une performance proche, voire égale à une autre performance obtenue grâce à une  $F_i$  plus grande et un  $T_{im}$  plus long. En l'absence d'un tel angle, il se produit une compensation réciproque de manque entre ces deux paramètres de l'impulsion. Sinon, il est évident qu'un sujet qui a une  $F_i$  et un  $T_{im}$  plus importants saute plus loin qu'un autre qui en possède moins.

## CONCLUSION

La mesure de l'impulsion motrice au saut vertical est non seulement fidèle, mais aussi

valide et accessible. Celle-ci et sa vitesse sont en relation significative avec la performance. Il en est de même au saut en longueur pieds joints où une telle corrélation présage l'existence d'un angle d'envol favorable pour pallier l'insuffisance d'une impulsion motrice au cours d'un saut réglementaire (impulsion sur un pied, précédée d'une course d'élan normal). Ces deux sauts peuvent constituer un outil d'évaluation diagnostique ou formative et sommative de la détente générale d'un sportif débutant ou confirmé.

## REFERENCES

- [1] Demény G. Mécanisme et éducation des mouvements. Paris : Aican ; 1907.
- [2] Faye J., Falize J. l'Adapted Jump and Reach : évaluation fidèle de l'impulsion au saut vertical. J. Fac. Sci., Vol. 3 n°1, 2004, 10-19.
- [3] Bobert T. Porównanie metod wyznaczenia środka ciężkości ciała u Człowieka Wych. fiz. Sport, 1966, 10 : 109-115.
- [4] Roy B., Youm Y., Robert E. M. Kinematics and Kinetics of the Standing Long Jump in 7-, 10-, 13- and 16 years-old Boys. *Medecine and Sport*, Vol. 8 : Biomechanics III, Karger, Bassel 1973, 409-416.
- [5] Delhez L. Analyse biomécanique de quelques exercices effectués sur plateforme de forces. *Rev. Educ. Phys.*, 1979, 19 : 33-51.
- [6] Falize J., Lucassen J. P., Hunebelle G. Analyse de l'impulsion dans le saut en hauteur sans élan. *Kinanthropologie*, 1969, 1 : 25-43.
- [7] Bushan V. Les méthodes en statistique. Québec, les Presses de l'Université Laval ; 1978, 88-102.
- [8] Dufour W. Lemouvement humain et la locomotion bipodale. *Lagymnastique éducative*, 1959 ; 4 : 128-40.
- [9] Hay J. G. An investigation of take-off impulses in two styles of high jump. *Res. Quart.* 1968 ; 39 : 983-92.
- [10] Lepers R., Hauswirth 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.
- [11] Hunebelle G., Damoiseau J. Relations between performance and graph of impulse. *Medecine and Sport*. Vol. 8 : Biomechanics III, Karger, Basel 1973, 417-425.
- [12] Klissouras V., Karpovich P. V. Electrogoniometric Study of Jumping Events. *The Res. Quart.* 1967 ; 38 : 41-48.
- [13] Ballreich R. Weitsprung analyse. Berlin : Verlag Bartls and Wernitz K. G., 1970.
- [14] Miller C., Quièvre J. Facteurs de la performance. *Musculation – L'explosivité*. *Rev. E.P.S.*, 1996 ; 257 : 28-31.

