

**République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique**

**Université Mentouri Constantine  
Faculté des Sciences Humaines et Sociales  
Département de l'Éducation Physique et Sportive**

**N° d'ordre : 140 / Mag / 2008  
Série : 001 / Sp / 2008**

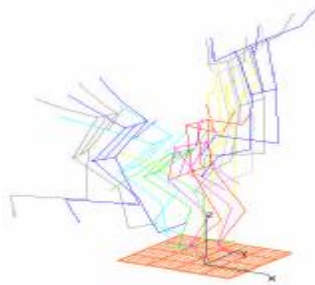
**Mémoire pour l'obtention du Magister en théorie  
et méthodologie de l'éducation physique**

**Intitulé du thème :**

**APPROCHE BIOMÉCANIQUE POUR UNE MEILLEURE  
ORIENTATION TECHNIQUE DU VOLLEYEUR ATTAQUANT  
LORS DE L'ÉPREUVE COMPÉTITIVE**

**Par :  
BOUHEDJA TOUFIK**

**sous la direction du docteur :  
BOUKEBBAB SALIM  
Maître de conférence**



**Devant le jury :**

- Président	: BOUARRATA Abderrachid	(M.C) Université de Constantine
- Rapporteur	: BOUKEBBAB Salim	(M.C) Université de Constantine
- Examineurs	: MECHICHE Ali	(M.C) Université de Constantine
	BAHRI Abdallah	(M.C) Université de Constantine

**Année Universitaire : 2007/2008**



**République Algérienne Démocratique et Populaire**  
**Ministère de l'enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique**

**Université Mentouri Constantine**  
**Faculté des Sciences Humaines et Sociales**  
**Département de l'Éducation Physique et Sportive**

**N° d'ordre : 140 / Mag / 2008**  
**Série : 001 / Sp / 2008**

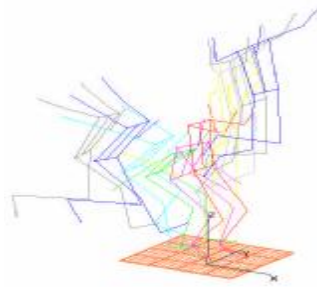
**Mémoire pour l'obtention du Magister en théorie**  
**et méthodologie de l'éducation physique**

**Intitulé du thème :**

**APPROCHE BIOMÉCANIQUE POUR UNE MEILLEURE**  
**ORIENTATION TECHNIQUE DU VOLLEYEUR ATTAQUANT**  
**LORS DE L'ÉPREUVE COMPÉTITIVE**

**Par :**  
**BOUHEDJA TOUFIK**

**sous la direction du docteur :**  
**BOUKEBBAB SALIM**  
**Maître de conférence**



**Devant le jury :**

- Président	: BOUARRATA Abderrachid	(M.C) Université de Constantine
- Rapporteur	: BOUKEBBAB Salim	(M.C) Université de Constantine
- Examineurs	: MECHICHE Ali	(M.C) Université de Constantine
	BAHRI Abdallah	(M.C) Université de Constantine

**Année Universitaire : 2007/2008**

## **DEDICACES**

Je dédie ce mémoire

A mes parents à qui je dois toute ma reconnaissance pour tous les efforts consentis à mon égard

A ma femme et à mes deux enfants Aalaeddine et Mohamed Achref  
Qui sont ma raison de vivre

A tous mes frères et sœurs

A tous mes neveux et nièces

## **REMERCIEMENT**

Je remercie mon directeur de mémoire Dr BOUKEBBAB Salim d'avoir accepté mon encadrement et pour toutes les orientations judicieuses reçus

Je remercie Dr BAHRI Abdellah et Dr BOUARATA Abderrachid pour leur dévouement et leur aide précieuse à chaque fois qu'on a eu recours à eux

Je remercie mes frères et amis CHERFAOUI Abdesslem et SELLAMI Abderrahim pour toute leur aide précieuse, leur dévouement et toute leur patience

Je remercie tous les travailleurs de l'INFS/CJS de Constantine à leur tête Mr MEHIMDET RACHID

Je remercie tous les enseignants de post graduation qui nous ont encadré durant tout le cursus pédagogique

Je remercie tous les collègues qui m'ont aidé lors de la réalisation du test expérimental

Je remercie également tous les joueurs qui ont participé au test expérimental

## Définition des principaux concepts du thème de recherche

- **Approche biomécanique** : démarche se basant sur certains paramètres cinématiques et dynamiques liés aux mouvements du sportif.
- **Orientation technique** : action de déterminer la meilleure voie à utiliser pour améliorer ou perfectionner une technique sportive.
- **Volleyeur attaquant** : c'est un joueur de l'équipe de volley-ball qui est spécialiste dans l'exécution de la technique du smash.

TABLE DES MATIERES	PAGES
<b>Introduction.....</b>	<b>01</b>
<b>Chapitre I :</b>	
<b>Recherche bibliographique</b>	
<b>I.1 Biomécanique et ses caractéristiques.....</b>	<b>05</b>
<b>I.1.1 Définition de la biomécanique.....</b>	<b>05</b>
<b>I.1.2 Importance de connaissances en biomécanique.....</b>	<b>05</b>
<b>I.1.3 Objectifs de la biomécanique.....</b>	<b>06</b>
<b>I.1.4 Les principes biomécaniques.....</b>	<b>06</b>
<b>I.1.4.1 Principe no 1 : L'équilibre.....</b>	<b>06</b>
<b>I.1.4.2 Principe no 2 : La force.....</b>	<b>07</b>
<b>I.1.4.3 Principe no 3 : Vitesse maximale.....</b>	<b>07</b>
<b>I.1.4.4 Principe no 4 : L'impulsion et la propulsion.....</b>	<b>07</b>
<b>I.2 Biomécanique du Mouvement.....</b>	<b>08</b>
<b>I.2.1 Les formes du mouvement.....</b>	<b>08</b>
<b>I.2.1.1 La translation.....</b>	<b>08</b>
<b>I.2.1.2 La rotation.....</b>	<b>09</b>
<b>I.2.1.3 Le mouvement général.....</b>	<b>09</b>
<b>I.2.2 la cinématique.....</b>	<b>09</b>
<b>I.2.2.1 Distance et déplacement.....</b>	<b>09</b>
<b>I.2.2.2 La vitesse.....</b>	<b>10</b>
<b>I.2.2.3 L'accélération.....</b>	<b>10</b>
<b>I.2.2.4 Unités de mesures.....</b>	<b>11</b>
<b>I.2.2.5 Les différents types de mouvement.....</b>	<b>11</b>
<b>I.2.2.5.1 Mouvement uniforme.....</b>	<b>11</b>
<b>I.2.2.5.2 Mouvement uniformément accéléré.....</b>	<b>11</b>
<b>I.2.2.5.3 Mouvement uniformément décéléré.....</b>	<b>11</b>
<b>I.2.3 La dynamique.....</b>	<b>12</b>
<b>I.2.3.1 La masse.....</b>	<b>12</b>
<b>I.2.3.2 La force (deuxième loi de Newton).....</b>	<b>12</b>
<b>I.2.3.3 Le travail.....</b>	<b>12</b>
<b>I.2.3.4 La puissance.....</b>	<b>13</b>
<b>I.2.3.5 L'énergie.....</b>	<b>13</b>
<b>I.2.3.5.1 L'énergie cinétique.....</b>	<b>13</b>
<b>I.2.3.5.2 L'énergie potentielle.....</b>	<b>14</b>
<b>I.2.3.5.3 L'énergie mécanique.....</b>	<b>14</b>
<b>I.3 Smash et caractéristique du volleyeur attaquant.....</b>	<b>15</b>
<b>I.3.1 Smash.....</b>	<b>15</b>
<b>I.3.2 Etapes du smash.....</b>	<b>15</b>
<b>I.3.2.1 La course d'élan.....</b>	<b>15</b>
<b>I.3.2.2 L'appel.....</b>	<b>16</b>
<b>I.3.2.3 L'impulsion et l'armé du bras.....</b>	<b>17</b>
<b>I.3.2.4 La frappe du ballon.....</b>	<b>17</b>
<b>I.3.2.5 La chute.....</b>	<b>18</b>
<b>I.3.3 Caractéristiques du volleyeur attaquant en volley-ball.....</b>	<b>18</b>
<b>I.3.3.1 Caractéristiques techniques.....</b>	<b>18</b>
<b>I.3.3.2 Caractéristiques physiques.....</b>	<b>18</b>
<b>I.3.3.2.1 Qualités musculaires.....</b>	<b>19</b>

I.3.3.2.2	Qualités organiques.....	19
I.3.3.2.3	Qualités motrices.....	19
<b>I.4</b>	<b>Biomécanique du smash.....</b>	<b>19</b>
<b>I.4.1</b>	<b>Biomécanique des muscles lors de la réalisation du smash.....</b>	<b>19</b>
<b>I.4.1.1</b>	<b>Muscles du train inférieur sollicité.....</b>	<b>19</b>
I.4.1.1.1	Lors de la phase de freinage.....	20
I.4.1.1.2	Lors de la phase de poussée.....	21
I.4.1.1.3	Formes de sollicitations des chaînes musculaires du train inférieur...21	
I.4.1.1.3.1	Lors des phases de l'appel et de l'élan.....	22
I.4.1.1.3.2	Lors de la phase d'impulsion et d'armé des bras.....	22
<b>I.4.1.2</b>	<b>Muscles du train supérieur sollicité.....</b>	<b>22</b>
I.4.1.2.1	La stabilisation du tronc, musculature de l'appareil locomoteur.....	22
I.4.1.2.2	Le épaules.....	23
<b>I.4.1.2.3</b>	<b>Les membres supérieurs .....</b>	<b>23</b>
I.4.1.2.3.1	Les muscles intervenant dans « l'armer » du bras .....	23
I.4.1.2.3.2	Les muscles intervenant dans la frappe du bras d'attaque.....	23
<b>I.4.2</b>	<b>La pliométrie.....</b>	<b>24</b>
<b>I.4.2.1</b>	<b>Définition.....</b>	<b>24</b>
<b>I.4.2.2</b>	<b>Méthodes pliométriques.....</b>	<b>24</b>
I.4.2.2.1	La pliométrie simple.....	24
I.4.2.2.2	La pliométrie intense.....	25
I.4.2.2.3	La pliométrie avec charge.....	25
<b>I.4.2.3</b>	<b>La détente et la pliométrie.....</b>	<b>25</b>
I.4.2.3.1	Le haut du corps.....	27
<b>I.4.2.4</b>	<b>Travaux antérieurs réalisés.....</b>	<b>27</b>
I.4.2.4.1	Echantillon de l'étude.....	28
I.4.2.4.2	Outils d'investigations.....	28
<b>I.4.2.4.3</b>	<b>Paramètres cinématiques et dynamiques.....</b>	<b>28</b>
<b>I.4.2.4.3.1</b>	<b>Grandeurs cinématiques.....</b>	<b>28</b>
I.4.2.4.3.1.1	Longueur du saut.....	28
I.4.2.4.3.1.2	Détente.....	28
I.4.2.4.3.1.3	Vitesse d'arrivée sur le plateau .....	29
I.4.2.4.3.1.4	Vitesse d'envol.....	29
I.4.2.4.3.1.5	Angle d'envol.....	29
I.4.2.4.3.1.6	Accélérations des "bras" et des "jambes".....	29
I.4.2.4.3.1.6.1	Angles inter-segmentaires.....	30
I.4.2.4.3.1.6.2	Accélérations.....	30
<b>I.4.2.4.3.2</b>	<b>Grandeurs dynamiques.....</b>	<b>31</b>
I.4.2.4.3.2.1	Composantes de la force d'action lors du dernier appui...31	
I.4.2.4.3.2.2	Impulsions.....	31
<b>I.4.2.4.4</b>	<b>Conclusion de la recherche.....</b>	<b>31</b>
I.4.2.4.4.1	L'importance de l'utilisation des "bras".....	32
I.4.2.4.4.2	La force développée par les jambes : critère discriminant.....	32
I.4.2.4.4.3	Problème de coordination entre les mouvements .....	32
des "bras" et des "jambes.....		
I.4.2.4.4.4	Importance de l'impulsion.....	33

**Chapitre II :**  
**Présentation de la recherche**

<b>II.1</b>	<b>Problématique de la recherche.....</b>	<b>35</b>
-------------	---	-----------



<b>II.2</b>	<b>Hypothèse de la recherche.....</b>	<b>35</b>
<b>II.3</b>	<b>Objectifs de la recherche.....</b>	<b>35</b>
<b>II.4</b>	<b>Taches de la recherche.....</b>	<b>36</b>
<b>II.5</b>	<b>Caractéristiques de l'échantillon de recherche.....</b>	<b>39</b>
<b>II.6</b>	<b>Moyens et méthodes de recherche.....</b>	<b>40</b>
<b>II.6.1</b>	<b>Questionnaire .....</b>	<b>40</b>
<b>II.6.2</b>	<b>Observation.....</b>	<b>40</b>
<b>II.6.3</b>	<b>Entretien fermé.....</b>	<b>41</b>
<b>II.6.4</b>	<b>Test expérimental .....</b>	<b>41</b>
<b>II.6.4.1</b>	<b>Outils d'investigation.....</b>	<b>41</b>
<b>II.6.4.2</b>	<b>Déroulement du test.....</b>	<b>44</b>
<b>II.6.4.3</b>	<b>Fréquence du test.....</b>	<b>44</b>
<b>II.6.5</b>	<b>Analyse bibliographique.....</b>	<b>44</b>
<b>II.6.6</b>	<b>Outil statistique.....</b>	<b>45</b>
<b>II.7</b>	<b>Fondements biomécaniques (cinématiques et dynamiques) de l'exécution.....</b>	<b>45</b>
	<b>des trois premières étapes du smash</b>	
<b>II.7.1</b>	<b>Caractéristiques cinématiques.....</b>	<b>45</b>
<b>II.7.1.1</b>	<b>Phases de l'élan et de l'appel.....</b>	<b>46</b>
<b>II.7.1.2</b>	<b>Phase de l'impulsion et d'armé du bras.....</b>	<b>47</b>
<b>II.7.2</b>	<b>Caractéristiques dynamiques.....</b>	<b>48</b>

### Chapitre III :

#### Etude expérimentale

<b>III.1</b>	<b>Analyses et interprétations des résultats.....</b>	<b>51</b>
<b>III.1.1</b>	<b>Analyses et interprétations des résultats de l'exécution .....</b>	<b>51</b>
	<b>du smash par l'échantillon d'étude</b>	
<b>III.1.1.1</b>	<b>Analyse et interprétation des résultats du joueur Nahal Hamza .....</b>	<b>51</b>
<b>III.1.1.1.1</b>	<b>Analyse et interprétation du 1<sup>er</sup> essai.....</b>	<b>53</b>
<b>III.1.1.1.1.1</b>	<b>Analyse.....</b>	<b>53</b>
<b>III.1.1.1.1.2</b>	<b>Interprétation.....</b>	<b>53</b>
<b>III.1.1.1.2</b>	<b>Analyse et interprétation du 2<sup>eme</sup> essai.....</b>	<b>56</b>
<b>III.1.1.1.2.1</b>	<b>Analyse .....</b>	<b>56</b>
<b>III.1.1.1.2.2</b>	<b>Interprétation.....</b>	<b>56</b>
<b>III.1.1.1.3</b>	<b>Analyse et interprétation du 3eme essai.....</b>	<b>59</b>
<b>III.1.1.1.3.1</b>	<b>Analyse.....</b>	<b>59</b>
<b>III.1.1.1.3.2</b>	<b>Interprétation.....</b>	<b>59</b>
<b>III.1.1.1.4</b>	<b>Conclusion générale concernant les trois essais.....</b>	<b>60</b>
<b>III.1.1.2</b>	<b>Analyse et interprétation des résultats du joueur Nazar Skander .....</b>	<b>64</b>
<b>III.1.1.2.1</b>	<b>Analyse et interprétation du 1<sup>er</sup> essai .....</b>	<b>66</b>
<b>III.1.1.2.1.1</b>	<b>Analyse .....</b>	<b>66</b>
<b>III.1.1.2.1.2</b>	<b>Interprétation.....</b>	<b>66</b>
<b>III.1.1.2.2</b>	<b>Analyse et interprétation du 2eme essai .....</b>	<b>69</b>
<b>III.1.1.2.2.1</b>	<b>Analyse .....</b>	<b>69</b>
<b>III.1.1.2.2.2</b>	<b>Interprétation. ....</b>	<b>69</b>
<b>III.1.1.2.3</b>	<b>Analyse et interprétation du 3<sup>eme</sup> essai. ....</b>	<b>72</b>
<b>III.1.1.2.3.1</b>	<b>Analyse.....</b>	<b>72</b>
<b>III.1.1.2.3.2</b>	<b>Interprétation.....</b>	<b>72</b>
<b>III.1.1.2.4</b>	<b>Conclusion générale concernant les trois essais.....</b>	<b>73</b>
<b>III.1.1.3</b>	<b>Analyse et interprétation des résultats du joueur Nahal Fouzi.....</b>	<b>77</b>

III.1.1.3.1	Analyse et interprétation du 1 <sup>er</sup> essai.....	79
III.1.1.3.1.1	Analyse.....	79
III.1.1.3.1.2	Interprétation .....	79
III.1.1.3.2	Analyse et interprétation du 2 <sup>eme</sup> essai.....	82
III.1.1.3.2.1	Analyse .....	82
III.1.1.3.2.2	Interprétation .....	82
III.1.1.3.3	Analyse et interprétation du 3 <sup>eme</sup> essai .....	85
III.1.1.3.3.1	Analyse .....	85
III.1.1.3.3.2	Interprétation .....	85
III.1.1.3.4	Conclusion générale concernant les trois essais.....	86
III.1.1.4	Analyse et interprétation des résultats du joueur Azzas Samir.....	90
III.1.1.4.1	Analyse et interprétation du 1 <sup>er</sup> essai.....	92
III.1.1.4.1.1	Analyse .....	92
III.1.1.4.1.2	Interprétation .....	92
III.1.1.4.2	Analyse et interprétation du 2 <sup>eme</sup> essai .....	95
III.1.1.4.2.1	Analyse .....	95
III.1.1.4.2.2	Interprétation.....	95
III.1.1.4.3	Analyse et interprétation du 3 <sup>eme</sup> essai.....	98
III.1.1.4.3	Analyse et discussion du 3 <sup>eme</sup> essai.....	98
III.1.1.4.3.2	Interprétation.....	98
III.1.1.4.4	Conclusion générale concernant les trois essais.....	99
III.1.1.5	Analyse et interprétation des résultats du joueur Giba .....	103
III.1.1.5.1	Analyse et interprétation de l'essai.....	104
III.1.1.5.1.1	Analyse.....	104
III.1.1.5.1.2	Interprétation.....	104
III.1.1.6	Mise en correspondance entre les résultats du groupe .....	107
	expérimental et les résultats du joueur de référence (Giba)	
II.1.2	Analyse et interprétation des résultats du questionnaire destiné.....	111
	aux entraîneurs	
III.1.2.1	Question n° 1 .....	111
III.1.2.1.1	Analyse.....	111
III.1.2.1.2	Interprétation.....	111
III.1.2.2	Question n° 2.....	112
III.1.2.2.1	Analyse.....	112
III.1.2.2.2	Interprétation.....	112
III.1.2.3	Question n° 3 .....	113
III.1.2.3.1	Analyse .....	113
III.1.2.3.2	Interprétation .....	113
III.1.2.4	Question n° 4 .....	114
III.1.2.4.1	Analyse .....	114
III.1.2.4.2	Interprétation .....	114
III.1.2.5	Question n° 5 .....	115
III.1.2.5.1	Analyse .....	115
III.1.2.5.2	Interprétation .....	115
III.1.2.6	Question n° 6 .....	116
III.1.2.6.1	Analyse .....	116
III.1.2.6.2	Interprétation .....	116
III.1.2.7	Question n° 7 .....	117
III.1.2.7.1	Analyse .....	117
III.1.2.7.2	Interprétation .....	117
III.1.2.8	Question n° 8 .....	118

---

<b>III.1.2.8.1 Analyse</b> .....	<b>118</b>
<b>III.1.2.8.2 Interprétation</b> .....	<b>118</b>
<b>III.1.2.9 Question n° 9</b> .....	<b>119</b>
<b>III.1.2.9.1 Analyse</b> .....	<b>119</b>
<b>III.1.2.9.2 Interprétation</b> .....	<b>119</b>
<b>III.1.3 Analyse et interprétation de l'observation</b> .....	<b>120</b>
<b>III.1.4 Analyse et interprétation de l'entretien fermé</b> .....	<b>120</b>
<b>Conclusion</b> .....	<b>122</b>
<b>Perspectives</b> .....	<b>123</b>
<b>Annexes</b>	
<b>Références bibliographiques</b>	

Tableau N°1 : Caractéristiques de l'échantillon d'étude.....	39
Tableau N° 2 : Caractéristiques du joueur de référence Giba.....	39
Tableau N° 3 : Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 1 <sup>er</sup> essai ..... de l'exécution du smash (Nahal Hamza)	52
Tableau N°4: Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 2 <sup>eme</sup> essai ..... de l'exécution du smash (Nahal Hamza)	55
Tableau N°5 : Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 3 <sup>eme</sup> essai..... de l'exécution du smash (Nahal Hamza)	58
Tableau récapitulatif n°6 : Résultats des différents paramètres cinématiques..... et dynamiques de l'exécution du smash des 3 essais	60
Tableau N°7 : Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 1 <sup>er</sup> essai..... de l'exécution du smash (Nezar Skander)	65
Tableau N°8 : Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 2 <sup>eme</sup> essai..... de l'exécution du smash (Nezar Skander)	68
Tableau N°9 : Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 3 <sup>eme</sup> essai..... de l'exécution du smash (Nezar Skander)	71
Tableau récapitulatif n°10 : Résultats des différents paramètres cinématiques..... et dynamiques de l'exécution du smash des 3 essais	73
Tableau N°11 : Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 1 <sup>er</sup> essai..... de l'exécution du smash (Nahal Fouzi)	78
Tableau N°12 : Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 2 <sup>eme</sup> essai..... de l'exécution du smash (Nahal Fouzi)	81
Tableau N°13 : Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 3 <sup>eme</sup> essai..... de l'exécution du smash (Nahal Fouzi )	84
Tableau récapitulatif n°14 : résultats des différents paramètres cinématiques..... et dynamiques de l'exécution du smash des 3 essais	86
Tableau N°15 : Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 1 <sup>er</sup> essai..... de l'exécution du smash (Azzas Samir)	91
Tableau N°16 : Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 2 <sup>eme</sup> essai..... de l'exécution du smash (Azzas Samir)	94
Tableau N°17 : Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 3 <sup>eme</sup> essai..... de l'exécution du smash (Azzas Samir)	97
Tableau récapitulatif n°18 : Résultats des différents paramètres cinématiques.... et dynamiques de l'exécution du smash des 3 essais	99
Tableau N° 19 : Caractéristiques cinématiques et dynamiques de l'essai..... de l'exécution du smash (Giba)	103
Tableau récapitulatif n° 20 : Résultats des meilleures valeurs des..... Caractéristiques cinématiques et dynamiques de l'échantillon d'étude	108

**LISTE DES DIFFERENTS GRAPHERS****PAGES**

<b>Graphe I : Relation de force — vitesse (Vitesse angulaire du genou.....26 et force développée par le joueur mesurée sur plate forme)</b>	
<b>Graphe n°2 : Graphe de la variation de la vitesse d’envol (<math>V_y</math>) de la force.....62 (F) et de la puissance (P) en fonction du temps (<math>t_2</math>) du joueur NAHAL HAMZA</b>	
<b>Graphe n°3 : Graphe comparatif entre détentees verticales mesurées.....63 et théoriques en fonction du temps (<math>t_2</math>) du joueur NAHAL HAMZA</b>	
<b>Graphe n°4 : Graphe de la variation de la vitesse d’envol (<math>V_y</math>) de la force.....75 (F) et de la puissance (P) en fonction du temps (<math>t_2</math>) du joueur NEZAR SKANDER</b>	
<b>Graphe n°5 : Graphe comparatif entre détentees verticales mesurées.....76 et théoriques en fonction du temps (<math>t_2</math>) du joueur NEZAR SKANDER</b>	
<b>Graphe n°6 : Graphe de la variation de la vitesse d’envol (<math>V_y</math>) de la force.....88 (F) et de la puissance (P) en fonction du temps (<math>t_2</math>) du joueur NAHAL FOUZI</b>	
<b>Graphe n°7 : Graphe comparatif entre détentees verticales mesurées.....89 et théoriques en fonction du temps (<math>t_2</math>) du joueur NAHAL FOUZI</b>	
<b>Graphe n°8 : Graphe de la variation de la vitesse d’envol (<math>V_y</math>) de la force.....101 (F) et de la puissance (P) en fonction du temps (<math>t_2</math>) du joueur AZZAS SAMIR</b>	
<b>Graphe n°9 : Graphe comparatif entre détentees verticales mesurées.....102 et théoriques en fonction du temps (<math>t_2</math>) du joueur AZZAS SAMIR</b>	
<b>Graphe n°10 : Graphe de la variation de la vitesse d’envol (<math>V_y</math>) de la force.....105 (F) et de la puissance (P) en fonction du temps (<math>t_2</math>) du joueur GIBA</b>	
<b>Graphe n°11 : Graphe comparatif entre détentees verticales mesurées.....106 et théoriques en fonction du temps (<math>t_2</math>) du joueur GIBA</b>	
<b>Graphe n°12 : Graphe comparatif des meilleures valeurs de la vitesse.....109 d’envol (<math>V_y</math>), de la force (F) et de la puissance (P) entre le groupe expérimental et le joueur de référence (Giba)</b>	

**LISTE DES DIFFERENTES FIGURES****PAGES**

<b>Figure n°1 : Course d'élan du volleyeur attaquant en ligne curviligne.....</b>	<b>15</b>
<b>Figure n°2 : Déplacement du volleyeur attaquant au début de l'élan.....</b>	<b>16</b>
<b>Figure n°3 : Déplacement du volleyeur attaquant du début de l'appel jusqu'au.....</b>	<b>17</b>
<b>début de l'impulsion</b>	
<b>Figure n°4 : Armement du bras d'attaque du volleyeur attaquant lors.....</b>	<b>17</b>
<b>de l'impulsion</b>	
<b>Figure n°5 :Frappe du ballon et accompagnement du bras d'attaque.....</b>	<b>18</b>
<b>par le volleyeur attaquant</b>	
<b>Figure n° 6 : Action musculaire pliométrique (cycle étirement- raccourcissement).....</b>	<b>24</b>
<b>Figure n°7 : Le gain de force due à l'étirement musculaire.....</b>	<b>25</b>
<b>Figure n° 8 : Fiche analytique des trois premières étapes de l'exécution du smash.....</b>	<b>37</b>
<b>Figure n°9 : Représente les outils d'investigations (Planche millimétrée.....</b>	<b>42</b>
<b>décamètre filet avec les deux antennes, poudre blanche étalée</b>	
<b>sur le sol, un pèse personne)</b>	
<b>Figure n°10 : Représente la planche millimétrée graduée.....</b>	<b>42</b>
<b>Figure n°11 : Représente le décamètre et la pèse personne.....</b>	<b>43</b>
<b>Figure n° 12 : Représente la poudre blanche étalée sur le terrain synthétique.....</b>	<b>43</b>
<b>Figure n°13 : Représente l'exécution des deux premières étapes du smash.....</b>	<b>46</b>
<b>(élan et appel) par le volleyeur attaquant</b>	
<b>Figure n°14 : Représente la phase de l'impulsion et l'armé du bras du.....</b>	<b>47</b>
<b>Volleyeur attaquant</b>	
<b>Figure n° 15 : Résultats de l'analyse de la question n° 1.....</b>	<b>111</b>
<b>Figure n° 16 : Résultats de l'analyse de la question n° 2.....</b>	<b>112</b>
<b>Figure n° 17 : Résultats de l'analyse de la question n° 3.....</b>	<b>113</b>
<b>Figure n° 18 : Résultats de l'analyse de la question n° 4.....</b>	<b>114</b>
<b>Figure n° 19 : Résultats de l'analyse de la question n° ..... </b>	<b>115</b>
<b>Figure n°20 : Résultats de l'analyse de la question n° 6.....</b>	<b>116</b>
<b>Figure n°21 : Résultats de l'analyse de la question n° 7.....</b>	<b>117</b>
<b>Figure n°22: Résultats de l'analyse de la question n° 8.....</b>	<b>118</b>
<b>Figure n°23 : Résultats de l'analyse de la question n° 9.....</b>	<b>119</b>

<b>LISTE DES DIFFERENTS PHOTOGRAMMES</b>	<b>PAGES</b>
<b>Photogramme du 1<sup>er</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes.....</b>	<b>51</b>
<b>du smash du joueur NAHAL Hamza</b>	
<b>Photogramme du 2<sup>eme</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes.....</b>	<b>54</b>
<b>du smash du joueur NAHAL Hamza</b>	
<b>Photogramme du 3<sup>eme</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes.....</b>	<b>57</b>
<b>du smash du joueur NAHAL Hamza</b>	
<b>Photogramme du 1<sup>er</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes.....</b>	<b>64</b>
<b>du smash du joueur NAZAR Skander</b>	
<b>Photogramme du 2<sup>eme</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes.....</b>	<b>67</b>
<b>du smash du joueur NAZAR Skander</b>	
<b>Photogramme du 3<sup>eme</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes.....</b>	<b>70</b>
<b>du smash du joueur NAZAR Skander</b>	
<b>Photogramme du 1<sup>er</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes.....</b>	<b>77</b>
<b>du smash du joueur NAHAL Fouzi</b>	
<b>Photogramme du 2<sup>eme</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes.....</b>	<b>80</b>
<b>du smash du joueur NAHAL Fouzi</b>	
<b>Photogramme du 3<sup>eme</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes.....</b>	<b>83</b>
<b>du smash du joueur NAHAL Fouzi</b>	
<b>Photogramme du 1<sup>er</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes.....</b>	<b>90</b>
<b>du smash du joueur AZZAS Samir</b>	
<b>Photogramme du 2<sup>eme</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes.....</b>	<b>93</b>
<b>du smash du joueur AZZAS Samir</b>	
<b>Photogramme du 3<sup>eme</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes.....</b>	<b>96</b>
<b>du smash du joueur AZZAS Samir</b>	

## **Introduction**

L'évaluation de la performance, avec comme soucis principal la production des meilleurs résultats, est l'intérêt primordial recherché par tous les entraîneurs afin d'optimiser les compétences de leurs joueurs à l'entraînement et en compétition.

En volley-ball, l'entraîneur planifie ses entraînements afin que ses joueurs puissent atteindre le haut niveau de performance, qui s'illustre par un rendement optimal en compétition. Parmi ces derniers le volleyeur attaquant, qui représente le pilier de l'attaque, il doit avoir une bonne condition physique à travers des qualités physiques harmonieusement développées associées à une bonne morphologie et une bonne technique.

Pour accroître ses compétences, ce dernier doit connaître ses véritables potentialités pour une meilleure orientation technique afin d'aboutir à une efficacité optimale.

Il s'agit donc de développer ces habiletés et cela nécessite une grande puissance de saut alliant force, vitesse explosivité et détente.

Cette dernière peut être considérée comme l'un des principaux facteurs de réussite de l'attaque, non seulement par son impact physique, mais surtout son influence psychologique, car le joueur qui se sent haut possède le sentiment de puissance et le contraire est vrai.

Ainsi, grâce aux différentes observations faites sur quelques joueurs de volley-ball catégorie seniors, lors de certaines compétitions nous avons remarqué une nette différence de saut d'attaque entre les joueurs d'une même équipe et des joueurs d'autres équipes participantes. Cela nous a poussé à nous poser certaines questions pour savoir les causes de telles performances. Est-ce dû à une mauvaise acquisition de la technique ou à une mauvaise condition physique?

De nombreuses recherches en Algérie, ce sont intéressées aux problèmes de la technique du smash en volley-ball, du point de vue de la méthodologie de l'entraînement, pour essayer d'expliquer les défaillances ou les performances enregistrées par les joueurs en marginalisant la biomécanique. Alors que cette dernière peut les justifier à travers différents paramètres cinématiques et dynamiques, pour une meilleure compréhension de la qualité du geste technique réalisé par le volleyeur attaquant.



Telles sont les raisons qui nous ont poussée à choisir ce thème, d'un côté pour montrer l'importance de la biomécanique dans l'entraînement sportif, de l'autre coté pour enlever l'idée de la complexité d'utilisation de cette dernière sur le terrain.

Notre travail s'articule sur trois chapitres présentés comme suite :

Au premier chapitre, nous nous sommes intéressés à la biomécanique à travers sa définition et ses caractéristiques, à la biomécanique du mouvement en donnant les différentes formes et types de mouvements, à la technique du smash et aux caractéristiques techniques et physiques du volleyeur attaquant, à la biomécanique du smash en s'intéressant à la biomécanique des muscles lors de la réalisation du smash ainsi que la pliométrie et sa relation avec la détente.

Dans le second chapitre nous avons introduit la problématique, l'hypothèse, les objectifs et les taches de la recherche, les caractéristiques de l'échantillon d'étude, les moyens et méthodes de recherche utilisés et les fondements biomécaniques (cinématiques et dynamiques) de l'exécution des trois premières étapes du smash (élan, appel, impulsion et armé du bras d'attaque).

Au niveau des taches de la recherche, nous nous sommes intéressés au support informatique (logiciels Movie Maker et Windows Média Player) qui nous a permis l'obtention de photogrammes faisant référence aux différentes étapes d'exécution des trois premières étapes du smash, et à la conception de la fiche analytique.

Au niveau des moyens et méthodes de recherche, nous nous sommes intéressés surtout au test expérimental où nous avons présenté les différents outils d'investigation ainsi que le déroulement du test

Dans le troisième chapitre, nous avons analysé et interprété tous les résultats du test réalisé par le groupe expérimental et les résultats des différents paramètres biomécanique (cinématiques et dynamiques) enregistrés par le joueur de référence (Giba), concernant l'exécution du smash.

Nous avons aussi analysé et interprété tous les résultats, du questionnaire destiné aux entraîneurs, de l'observation de certaines séances d'entraînement surtout au sein des clubs d'où sont issus les joueurs du groupe expérimental et de l'entretien fermé avec certains joueurs de certains clubs.

Ce travail a été clôturé par une conclusion dans laquelle nous avons développé l'intérêt d'une telle étude et émit des perspectives en vue d'autres investigations utilisant des outils plus adéquats et plus pertinents.

# CHAPITRE I

ETUDE

BIBLIOGRAPHIQUE

## **I.1 Biomécanique et ses caractéristiques**

### **I.1.1 Définition de la biomécanique**

L'entraîneur qui veut agir pour modifier la technique de ses athlètes sans calquer la technique de l'athlète de haut niveau doit, observer, mesurer, analyser et remédier par un composant satellite qu'est la biomécanique. La biomécanique est l'étude de la physique et de ses systèmes mécaniques appliqués à l'homme [1].

La compréhension des lois physiques appliquées à l'homme permet de mieux répondre aux caractéristiques de l'athlète entraîné. L'application de quelques grands principes liés à des lois physiques simples permettra de mieux répondre aux besoins de tous. [1].

### **I.1.2 Importance de connaissances en biomécanique**

L'importance des connaissances en biomécanique pour un entraîneur dépend dans une certaine mesure du sport qu'il enseigne. Un entraîneur de cross-country, principalement concerné par l'endurance musculaire, cardio-vasculaire et dans une certaine mesure par les techniques, bénéficiera moins de ses connaissances en biomécanique qu'un entraîneur de gymnastique, de natation, de football, sports dans lesquels les techniques jouent un rôle beaucoup plus important [2].

L'entraîneur travaille de plus en plus à des niveaux élevés, et se trouve donc concerné non seulement par des principes essentiels, mais également par les détails précis. Lorsque le niveau de la performance augmente, il en va de même pour le besoin de l'entraîneur qui doit approfondir ses connaissances en biomécanique [2].

Il n'en est de même pour les athlètes. Alors que le sportif débutant progresse ou devient plus vieux et généralement plus expérimenté, des indications verbales et une analyse du mouvement peuvent accroître la signification de l'exercice et en donner de nouvelles perspectives [2].

### **I.1.3 Objectifs de la biomécanique**

La biomécanique traite des principes de construction du corps humain et des relations entre les structures et les fonctions du corps. Leurs complexités exigent des approches analytiques spécifiques et complexes pour décrire, analyser et modéliser le système biomécanique.

L'adaptation des structures biologiques aux exigences fonctionnelles se heurte à une contrainte particulière qui est la fluctuation des propriétés physiques du corps dans le temps.

Les principaux objectifs de la biomécanique sont axés sur les applications pratiques et peuvent se définir ainsi

- Ø Comprendre les lois de la mécanique et formuler les principes biomécaniques sous-jacents aux mouvements humains,
- Ø Identifier les facteurs susceptibles d'influencer les fonctions motrices et les facteurs physiologiques limitant leur réalisation,
- Ø améliorer les fonctions motrices, et à tous les niveaux, les performances accomplies par ces fonctions [4]

### **I.1.4 Les principes biomécaniques**

La biomécanique, une discipline qui étudie la mécanique du geste sportif, s'avère le meilleur guide pour analyser un geste dans le but de le corriger ou de l'améliorer.

Voici certains principes fondamentaux de la biomécanique.

#### **I.1.4.1 Principe no 1 : L'équilibre**

Plus le centre de gravité est bas et plus la base d'appui est large, plus la ligne de gravité est près du centre de la base d'appui. Plus la masse de l'athlète est grande, plus la stabilité de l'athlète est grande. [5]

#### **I.1.4.2 Principe no 2 : La force**

Les gestes impliquant la force maximale exigent l'utilisation de toutes les articulations possibles.

Les athlètes peuvent fournir un effort maximal par la force maximale ou par la vitesse maximale. Lever un poids en haltérophilie constitue un exemple de geste impliquant la force maximale, mais le lancer au baseball est un exemple de geste impliquant la vitesse maximale.

La force est, du point de vue mécanique, ce qui permet de vaincre l'inertie d'un corps. Pour produire une force, tu dois contracter tes muscles afin d'engendrer un mouvement au niveau des articulations. Plus le nombre d'articulations sollicitées et le nombre de muscles contractés sont élevés, plus la force produite est grande.

L'observation d'athlètes élités peut s'avérer très utile, car elle permet de voir quelles articulations sont réellement utilisées. Par exemple, en observant des joueurs de hockey, on peut voir qu'ils utilisent leurs jambes, leurs hanches, leurs épaules et leurs bras lors des tirs frappés. S'ils oublient de faire appel à une articulation, la force du tir s'en trouve diminuée. [5]

#### **I.1.4.3 Principe no 3 : Vitesse maximale**

Les gestes impliquant la vitesse maximale exigent l'utilisation des articulations dans le bon ordre, soit de la plus grosse à la plus petite.

Dans les gestes impliquant la vitesse maximale, le mouvement va de la plus grosse articulation à la plus petite ou de la plus lente à la plus rapide. Ainsi, les articulations rapides peuvent contribuer au mouvement quand l'articulation précédente a atteint sa vitesse optimale. L'athlète peut donc accélérer constamment le mouvement jusqu'à l'instant *critique*. Par exemple, lors d'un lancer du javelot, la vitesse maximale est atteinte lors du relâchement du javelot. Lors de ces gestes, la vitesse maximale se produit à l'extrémité d'un ensemble de segments corporels. [5]

#### **I.1.4.4 Principe no 4 : L'impulsion et la propulsion**

Plus l'impulsion ou la propulsion transmise est grande ou les deux, plus l'augmentation de la vitesse est grande.

Les gestes nécessitant un saut exigent de l'athlète une projection de leur corps le plus éloigné possible (exemples : saut en longueur, triple saut, saut en hauteur, le smash au volley-ball, etc.). Pour exécuter un geste impliquant un saut, l'athlète doit s'assurer que son corps a atteint une vitesse optimale lors de l'appel. Il doit transmettre suffisamment d'impulsion afin d'atteindre la vitesse optimale. L'impulsion produite est appelée une quantité de mouvement (momentum).

Les gestes nécessitant des déplacements et des transferts de poids exigent une propulsion de la part de l'athlète. Plus la propulsion est grande, plus le momentum est élevé. [5]

## **I.2 Biomécanique du Mouvement**

Pour pouvoir analyser un mouvement, la connaissance de certaines caractéristiques biomécaniques est indispensable.

### **I.2.1 les formes du mouvement**

En général tout mouvement peut être décrit en terme de translation, de rotation, ou d'une combinaison des deux

#### **I.2.1.1 La translation**

Il y a translation (ou mouvement linéaire) lorsqu'un corps se déplace de façon à ce que toutes ses parties effectuent exactement la même distance, dans la même direction, dans le même temps. On peut déterminer que le mouvement d'un corps particulier procède d'une translation en considérant une ligne droite arbitraire tracée sur son corps.

Le mouvement du parachutiste en chute libre est ainsi un exemple de translation. Cependant, cette fois-ci le trajet emprunté par chacune de ses articulations est plus une ligne courbe qu'une ligne droite.

Les mouvements linéaires en ligne droite et en ligne courbe sont souvent mentionnés comme étant respectivement des translations rectilignes et des translations curvilignes [2].

### **I.2.1.2 La rotation**

Il y a rotation (ou mouvement angulaire) lorsqu'un corps suit un trajet circulaire sur une ligne quelconque dans l'espace, de sorte que toutes les parties de ce corps se meuvent selon le même angle, dans la même direction, dans le même temps. Cette ligne qui peut ou non passer au travers du corps lui-même, est comme étant l'axe de rotation et situé à angle droit par rapport au plan de mouvement du corps. [2].

### **I.2.1.3 le mouvement général**

On appelle mouvement général une combinaison des deux mouvements (translation et rotation). La translation qu'opère la partie supérieure du corps du coureur cycliste, par exemple, est le résultat direct des mouvements de rotation de ses jambes. [2].

## **I.2.2 la cinématique**

La cinématique est la partie de la biomécanique qui traite de la description du mouvement du corps. Ainsi, les questions concernant la distance, la vitesse, et la logique de déplacement d'un corps relèvent de la cinématique. Ce n'est pas le cas de celles concernant la cause et la façon de se déplacer d'un corps. Ce dernier aspect du mouvement est le domaine de l'énergie cinétique.

La cinématique linéaire traite de la cinématique de la translation ou mouvement linéaire, alors que la cinématique angulaire traite de la cinématique de la rotation ou mouvement angulaire [2].

### **I.2.2.1 Distance et déplacement**

La distance et le déplacement sont des quantités communément utilisées pour décrire l'importance du mouvement d'un corps. Quand un corps se déplace d'un lieu à un autre, la distance sur laquelle il se déplace est simplement la longueur du trajet qu'il a suivi.

Le déplacement qu'un corps effectue au cours d'un même mouvement est déterminé en mesurant la ligne droite joignant sa position initiale à sa position finale et en notant l'orientation de cette ligne.



Les deux quantités diffèrent, cependant, en ce sens que le déplacement doit faire référence à l'orientation du mouvement alors que la distance est totalement définie par la grandeur seule.

La distance est représentée par (d) et le déplacement est représenté par (l) [2].

### **I.2.2.2 La vitesse**

La rapidité à laquelle se meut, un corps d'un lieu à un autre est décrite en référence à sa vitesse, ou à sa vélocité – deux quantités que l'on considère généralement comme étant identiques, mais qui fréquemment ne le sont pas. La vitesse moyenne d'un corps est obtenue en divisant la distance parcourue par le temps mis à le parcourir,

$$V = d/t$$

Où V = vitesse moyenne, d = distance parcourue et t = temps. [2].

### **I.2.2.3 L'accélération**

Dans beaucoup d'activités sportives, le succès obtenu par un athlète est en rapport direct avec sa capacité d'augmenter ou de réduire rapidement sa vitesse.

L'accélération (qui comme le déplacement implique une notion de direction et de grandeur) est définie comme le rapport dans lequel la vitesse varie en fonction du temps.

$$a = V/t$$

L'accélération due à la gravité, l'accélération vers le bas qu'un corps subit lorsqu'il est dans l'air, est due à l'influence de la terre sur tous les corps proches de sa surface, influence connue sous le nom de gravité. Elle est fondamentalement constante — elle varie légèrement d'un lieu à un autre de la surface de la terre. Elle est désignée par une lettre distincte g Sa grandeur est approximativement de 9,814 m/s [2].

### I.2.2.4 Unités de mesures

À une exception près, l'unité utilisée pour mesurer les quantités décrites jusqu'ici présente peu de problèmes. Dans notre système, les unités de longueur sont le centimètre (cm), le mètre (m), le kilomètre (km) et les unités de temps la seconde (s), la minute (mn), l'heure (h).

La vitesse est mesurée par l'unité (m/s, km/h, etc.) et l'unité de l'accélération est le mètre par seconde par seconde (m/s/s ou m/s<sup>2</sup>) [2].

### I.2.2.5 Les différents types de mouvement

Pour des mouvements linéaires et à partir de l'accélération nous pouvons définir trois types de mouvement pour lesquels, les équations horaires (en fonction du temps), de la vitesse et de la position peuvent être déduites par intégration successive de l'accélération. [6]

#### I.2.2.5.1 Mouvement uniforme

Un mouvement uniforme est défini dès lors que l'accélération est nulle. Les équations de la vitesse instantanée et de la position instantanée sont obtenues par intégration de l'accélération en fonction du temps. . [6]

$$\mathbf{a}(t) = \mathbf{0} \qquad \mathbf{V}(t) = \mathbf{V}_0 \qquad \mathbf{x}(t) = \mathbf{V}_0.t + \mathbf{x}_0$$

#### I.2.2.5.2 Mouvement uniformément accéléré

Dans ce type de mouvement, l'accélération est non nulle, constante et positive. . [6]

$$\mathbf{a}(t) = \mathbf{a}_0 \qquad \mathbf{V}(t) = \mathbf{a}_0.t^2 + \mathbf{V}_0 \qquad \mathbf{x}(t) = \frac{1}{2} \mathbf{a}_0.t^2 + \mathbf{V}_0.t + \mathbf{x}_0$$

#### I.2.2.5.3 Mouvement uniformément décéléré

Dans ce type de mouvement, l'accélération est non nulle, constante et négative. . [6]

$$\mathbf{a}(t) = -\mathbf{a}_0 \qquad \mathbf{V}(t) = -\mathbf{a}_0.t + \mathbf{V}_0 \qquad \mathbf{x}(t) = -\frac{1}{2} \mathbf{a}_0.t^2 + \mathbf{V}_0.t + \mathbf{x}_0$$

### **I.2.3 La dynamique**

La dynamique est une discipline de la mécanique classique qui étudie les corps en mouvement sous l'influence des forces qui leur sont soumises. Elle combine la statique qui étudie l'équilibre des corps au repos, et à la cinématique qui étudie le mouvement. [7]

#### **I.2.3.1 La masse**

La quantité de matière qui compose un corps est appelée masse et est une mesure directe de l'inertie que possède ce corps.

#### **I.2.3.2 La force (deuxième loi de newton)**

Lorsqu'un athlète court, il pousse le sol vers le bas et l'arrière, exerçant ainsi une force contre celui — ci dans cette direction. Ainsi pour chaque force agissant sur un corps, il existe une seconde force égale en grandeur, mais opposée en direction qui agit sur ce corps (troisième loi de Newton).

Il est normal de définir les unités de force en rapport avec l'accélération qu'elles produisent. L'unité de force dans le système métrique est le newton (N) et est défini comme étant la force qui donnera à une masse de 1kg une accélération de 1 m/s<sup>2</sup>.

La force d'attraction que la terre exerce sur un corps est appelée poids du corps.

La relation entre le poids, la masse, et l'accélération due à la gravité est évidente et représentée par ses deux équations : [2]

$$\mathbf{F} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{a} \quad \text{et} \quad \mathbf{P} = \mathbf{m} \cdot \mathbf{g}$$

#### **I.2.3.3 Le travail**

Dans le langage quotidien, le travail est tout ce qui permet d'atteindre un but au moyen d'un effort physique ou mental. En biomécanique, le terme travail a un sens beaucoup plus large.

Quand une force agit sur un corps, le travail effectué par cette force est égal au produit de sa grandeur par la distance parcourue par le corps dans la direction de la force qui lui est appliquée, exprimée sous forme algébrique, [2]

$$W = F \cdot d$$

Où  $W$  = travail effectué par la force,  $F$  = grandeur de cette force, et  $d$  = distance parcourue. [2] :

#### **I.2.3.4 La puissance**

Pour obtenir la quantité de travail exécutée par une force, on ne tient pas compte de la durée d'exécution du travail. Ce qui change cependant est la puissance, ou rapport dans lequel le travail est accompli, pour obtenir cette valeur on divise le travail effectué par le temps mis :

$$P = W / t$$

Où  $P$  = puissance développée,  $W$  = travail exécuté et  $t$  = temps mis. [2]

#### **I.2.3.5 L'énergie**

L'énergie est un terme qui est largement utilisé. Cependant, l'emploi de ce mot est moins souvent en désaccord avec sa définition technique que ne l'est celui du mot travail. La définition stricte de l'énergie est « la capacité à effectuer un travail » et alors, quand quelqu'un dit qu'il n'a pas d'énergie ou, alternativement qu'il déborde d'énergie, on peut raisonnablement l'interpréter comme voulant dire soit qu'il n'a aucune capacité à effectuer un travail ou une très grande capacité à le faire.

En biomécanique, on a l'habitude de se référer aux trois types d'énergie qui présentent un intérêt dans ce domaine. Ces trois types sont ceux dans lesquels les corps ont de l'énergie grâce à leur mouvement, leur position et leur état de déformation. [2]

##### **I.2.3.5.1 L'énergie cinétique**

L'énergie qu'un corps possède parce qu'il est en mouvement est connue sous le nom d'énergie cinétique. La quantité d'énergie cinétique qu'un corps possède lors d'un mouvement de translation est donnée par la formule

$$E_{c \text{ transl}} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot V_G^2$$

Où  $E_{c \text{ transl}}$  = énergie cinétique de translation,  $m$  = masse du corps, et  $V_G$  = vitesse linéaire du CdG (centre de gravité du corps) avec laquelle il se déplace. L'unité de l'énergie cinétique est le joule (J). [6]

#### **I.2.3.5.2 L'énergie potentielle**

L'énergie due à la position que le corps occupe par rapport à la surface de la terre est appelée énergie potentielle de pesanteur et peut être déterminée en multipliant le poids du corps (c'est-à-dire, la force) par l'altitude (c'est-à-dire, la distance) :

$$E_{pp} = m \cdot g \cdot h$$

Où  $E_{pp}$  = énergie potentielle des pesanteur,  $m$  = masse du système,  $g$  = accélération de la gravité, et  $h$  = sa hauteur au dessus du sol

L'unité de l'énergie potentielle est le joule (J). [6]

#### **I.2.3.5.3 L'énergie mécanique**

L'énergie mécanique peut prendre deux formes : l'énergie cinétique et l'énergie potentielle. C'est ce qu'on appelle l'énergie totale d'un système qui est constante au cours d'un mouvement.

$$E_{méca} = E_c + E_p = Cste$$

L'énergie mécanique totale se conserve, mais la répartition entre l'énergie potentielle peut changer. Par exemple, si l'une augmente, l'autre diminue et vice et versa.

L'unité de l'énergie mécanique est le joule [6]

### **I.3 Smash et caractéristiques du volleyeur attaquant**

#### **I.3.1 Smash**

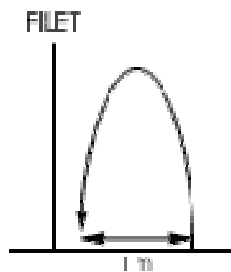
Le smash (ou attaque) permet de marquer le point sur les adversaires. Il s'agit d'un geste très technique, la balle étant frappée par le joueur alors qu'il est en suspension. [8]

#### **I.3.2 Étapes du smash**

Le smash se divise en 5 étapes principales :

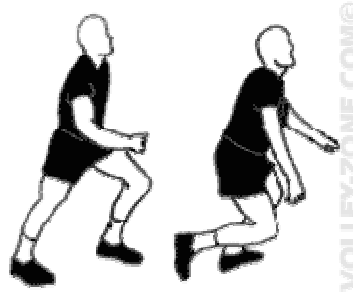
##### **I.3.2.1 La course d'élan**

Il s'agit de courir sur un certain nombre d'appuis, de descendre le centre de gravité pour se bloquer au sol afin de sauter à la verticale sans toutefois traverser le filet



**Figure 1 : course d'élan du volleyeur attaquant en ligne curviligne**

En général, la plupart des joueurs utilisent deux pas avant d'effectuer le saut. Le premier pas est un pas de pré-appel et le deuxième permet de faire le blocage. Pour un droitier, le pas de pré-appel se fait sur la jambe gauche. L'attaquant doit se situer à la hauteur de la ligne des trois mètres avant d'effectuer la course d'élan [8]



**Figure 2 : Déplacement du volleyeur attaquant au début de l'élan**

### **I.3.2.2 L'appel**

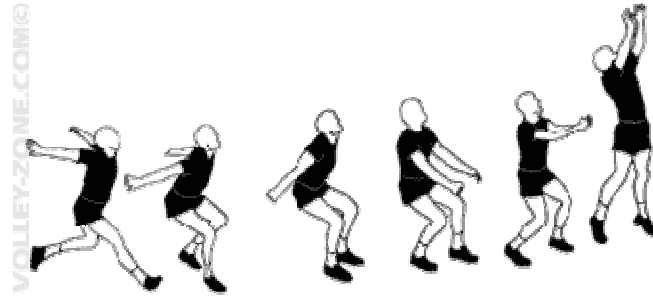
Le blocage permet de placer son corps en fonction du ballon et de favoriser une bonne poussée qui permettra d'atteindre une hauteur maximale. Ce blocage transforme la vitesse horizontale prise lors de la course d'élan en vitesse verticale.

Le blocage ne doit pas se faire trop près du filet auquel cas le joueur sera gêné lors de son action. Dans ces cas, le joueur se trouve souvent sous le ballon, entraînant des fautes techniques majeures

Au moment de l'appel, les jambes sont fléchies, le tronc incliné vers l'avant, les bras en arrière du corps et les yeux fixant le ballon.

Le joueur doit ensuite effectuer une poussée dynamique qui est caractérisée par une extension des chevilles, des genoux et des hanches. Le mouvement est accompagné par une projection des bras vers le haut et vers l'avant.

Le joueur doit ensuite effectuer une poussée dynamique qui est caractérisée par une extension des chevilles, des genoux et des hanches. Le mouvement est accompagné par une projection des bras vers le haut et vers l'avant [8]



**Figure 3 : Déplacement du volleyeur attaquant du début de l'appel jusqu'au début de l'impulsion**

### **I.3.2.3 L'impulsion et l'armé du bras**

Le bras s'arme pendant la montée du corps. Le coude se trouve plus haut que l'épaule et la main derrière la nuque. Le bras libre doit pointer le ballon pendant la montée [8]



**Figure 4 : Armement du bras d'attaque du volleyeur attaquant lors de l'impulsion**

### **I.3.2.4 La frappe du ballon**

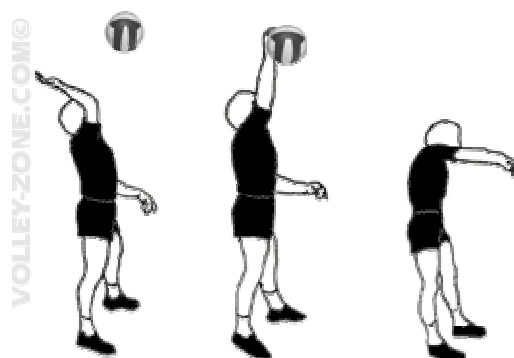
Le tronc se redresse et pivote autour d'un axe vertical. Les bras se déroulent pour frapper le ballon.

Lors du contact, le bras de frappe est en complète extension. L'action est couronnée par un fouetté du poignet par-dessus le ballon afin de planter ce dernier.

Le poignet doit par conséquent être souple et relâché afin de jouer le ballon correctement en y



mettant plus de vitesse ou en évitant un contre adverse. Le contact se fait avec la paume de la main, les doigts ouverts. Tout le corps participe à l'attaque. [8]



**Figure 5 : Frappe du ballon et accompagnement du bras d'attaque par le volleyeur attaquant**

### **I.3.2.5 La chute**

Le joueur doit contrôler sa chute afin d'éviter tout contact avec le filet ou une pénétration dans le camp adverse. L'atterrissage se fait sur la partie avant des deux pieds, ensuite sur les talons. Une légère flexion au niveau des genoux sera effectuée afin d'éviter une chute trop prononcée. [8]

## **I.3.3 Caractéristiques du volleyeur attaquant en volley-ball**

### **I.3.3.1 Caractéristiques techniques**

L'attaquant en volley-ball est un joueur spécialisé dans l'attaque. Il possède une bonne détente et une bonne morphologie. Ces attaques se font sur les postes avants, c'est-à-dire les postes 4, 2 et 3 (central) et sur les postes arrières, généralement sur les postes 1 et 6 (attaques aux trois mètres).

Dans ce dernier cas, le joueur arrière prend son appel derrière la ligne des trois mètres sans la toucher pour attaquer le ballon au dessus du filet [9]

### **I.3.3.2 Caractéristiques physiques**

Les qualités physiques à développer chez le volleyeur attaquant sont de trois types :

### **I.3.3.2.1 Qualités musculaires**

- Ø Force maximale
- Ø Force/Vitesse (puissance)
- Ø Force d'endurance
- Ø Flexibilité (souplesse)

### **I.3.3.2.2 Qualités organiques**

- Ø Système anaérobie alactique
- Ø Système anaérobie lactique
- Ø Puissance aérobie maximale
- Ø Endurance aérobie

### **I.3.3.2.3 Qualités motrices**

- Ø Agilité
- Ø Vitesse
- Ø Équilibre
- Ø Coordination [9]

## **I.4 Biomécanique du smash**

### **I.4.1 Biomécanique des muscles lors de la réalisation du smash**

L'analyse des capacités de coordination et des caractéristiques cinématiques du mouvement nous amène à différencier le train inférieur et le train supérieur. [10]

#### **I.4.1.1 Muscles du train inférieur sollicité**

Le smash est un geste qui mobilise essentiellement le train inférieur du joueur. Les changements de direction sollicitent alors trois articulations : la cheville, le genou et la hanche. Ces changements directionnels impliquent des forces de poussée et de freinage qui sollicitent, soit les muscles « agonistes », soit les muscles « antagonistes » de chacune de ces articulations, afin de créer une chaîne musculaire efficace.

#### **I.4.1.1.1 Lors de la phase de freinage**

Lors de la phase dite de « freinage », on parle de « travail musculaire frénateur excentrique » [11], il est caractérisé par un accroissement en longueur du muscle à travers une force active de réaction.

Les muscles sollicités sont les suivants :

Les muscles fléchisseurs de la cheville :

- Ø Le jambier antérieur.
- Ø L'extenseur commun des orteils.
- Ø L'extenseur propre du premier orteil.

Les muscles fléchisseurs du genou :

- Ø Les ischio-jambiers
- Ø Demi-membraneux.
- Ø Demi-tendineux.
- Ø Biceps.

Les muscles de la patte d'oie :

- Ø Le couturier.
- Ø Le demi-tendineux.
- Ø Le droit antérieur.

Les muscles fléchisseurs de la hanche :

- Ø Le psoas iliaque.
- Ø Le couturier.
- Ø Le droit antérieur.
- Ø Le tenseur du fascia latta.

#### **I.4.1.1.2 Lors de la phase de poussée :**

Lors de la phase dite de « poussée », on parle de « travail musculaire propulseur concentrique », qui permet par le raccourcissement musculaire, de propulser le poids du corps dans une direction donnée.

Les muscles sollicités sont les suivants :

Les muscles extenseurs de la cheville :

- Ø Le triceps sural :
- Ø Les jumeaux, internes et externes.
- Ø Le soléaire.

Les muscles extenseurs du genou :

- Ø Le quadriceps :
- Ø Le droit antérieur.
- Ø Le crural.
- Ø Le vaste interne et externe.

Les muscles extenseurs de la hanche :

- Ø Les fessiers (petit, moyen et grand fessier).
- Ø Les ischio-jambiers.
- Ø Demi-membraneux.
- Ø Demi-tendineux.[10]

#### **I.4.1.1.3 Formes de sollicitations des chaînes musculaires du train inférieur :**

Les muscles que nous venons de citer sont sollicités de manière différente lors de la réalisation du mouvement, « il est important de savoir quelle sorte de tension est déterminante pour optimiser une activité donnée » [12].

#### **I.4.1.1.3.1 Lors des phases de l'appel et de l'élan**

Lors des deux premières phases du smash (élan et appel), nous voyons que l'accélération est très forte, car la prise d'appui avec la jambe droite marque le temps fort du smash et succède un temps faible. La force de freinage est donc de faible intensité contrairement à la force de poussée qui est maximale.

#### **I.4.1.1.3.2 Lors de la phase d'impulsion et d'armé du bras**

Lors de la troisième phase du smash (l'impulsion), les forces de freinage et de poussée sont plus importantes. A cela, il y a plusieurs raisons :

- ∅ L'inertie du corps (vitesse de déplacement + sa propre masse corporelle).
- ∅ Le joueur doit enchaîner un second temps fort.
- ∅ Les forces de déplacement que le joueur va créer sont perpendiculaires aux forces créées précédemment (changement de direction).

On parlera alors de force explosive donc de « la capacité à réaliser le plus grand accroissement de la force dans le temps le plus court possible : l'élément dominant est en l'occurrence l'accroissement de la force par unité de temps » [11].

#### **I.4.1.2 Muscles du train supérieur sollicités :**

Si le smash est un geste qui mobilise essentiellement la musculature du train inférieur, le train supérieur est toutefois sollicité en permanence.

L'activité musculaire de cette partie du corps intervient dans deux objectifs différents : la stabilisation du tronc et la stabilisation de la ceinture scapulaire.

#### **I.4.1.2.1 La stabilisation du tronc, musculature de l'appareil locomoteur**

Lors des changements de rythme et de direction, il est indispensable que le joueur ait une musculature stabilisatrice du tronc développée afin de garantir une bonne tenue, une bonne

coordination générale des mouvements et une bonne transmission des forces engendrées par l'action des jambes.

On distingue alors deux systèmes musculaires interactifs :

- ∅ le système local, composé de muscles courts et endurants qui trouve près des articulations, sous les muscles globaux. Il compose des muscles profonds de l'abdomen et des muscles profonds du dos.
- ∅ Le système global, composé de muscles longs, superficiels et puissants. Il se compose des muscles droits et obliques de l'abdomen et des extenseurs du dos ». [10]

#### **I.4.1.2.2 Le épaules :**

Il est primordial pour frapper la balle que le joueur réalise un travail musculaire statique qui sert à la fixation des segments corporels dans une position déterminée.

Dans ce cas, le joueur mobilise les muscles fixateurs de l'épaule et de la ceinture scapulaire

#### **I.4.1.2.3 Les membres supérieurs :**

##### **I.4.1.2.3.1 Les muscles intervenant dans « l'armé » du bras**

- ∅ les rotateurs externes : sous-épineux, petit rond, faisceau spinal du deltoïde ;
- ∅ les éleveurs : sus-épineux, deltoïde par son faisceau spinal de 0 à 45°, par ses 3 faisceaux de 45 à 80° et par son faisceau claviculaire et spinal au-delà de 80 % ;
- ∅ les fixateurs : permettent une stabilité de l'articulation, elle-même assurée par la coiffe des rotateurs. Les tendons des 4 muscles qui coiffent la partie supérieure de la coiffe (sous-scapulaire, sus-épineux, sous-épineux et petit rond) larges et plats, forment avec la capsule un ensemble homogène constituant un manchon fibreux recouvrant l'articulation. Le sus-épineux est le stabilisateur principal de la tête humérale. [13]

##### **I.4.1.2.3.2 Les muscles intervenant dans la frappe du bras d'attaque**

- ∅ les rotateurs internes : sous-scapulaire, grand dorsal, grand pectoral, faisceau scapulaire du deltoïde, grand rond ;

- Ø les abaisseurs ;
- Ø les extenseurs du bras ;
- Ø le pectoral. [13]

## I.4.2 La pliométrie

### I.4.2.1 Définition :

On parle d'une action musculaire pliométrique lorsqu'un muscle qui se trouve dans état de tension est d'abord soumis à un allongement (on parle d'une phase excentrique) et qu'ensuite il se contracte en se raccourcissant (on parle de phase concentrique). Il y a en jeu de ce que les physiologies appellent « the stretch-shortening cycle » ». (le cycle étirement raccourcissement) [14]

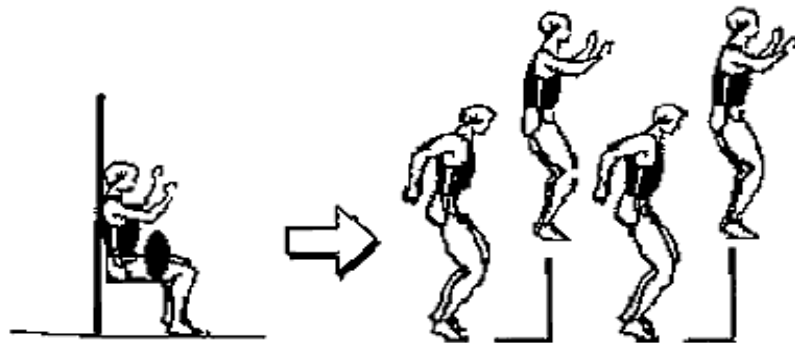


Figure 6 : Action musculaire pliométrique (cycle étirement- raccourcissement)

### I.4.2.2 Méthodes pliométriques;

Concernant les méthodes pliométriques utilisées dans l'entraînement, l'auteur a retenu trois exemples :

#### I.4.2.2.1 La pliométrie simple :

Elle est illustrée par les bondissements. (foulées bondissantes, sauts à la corde, plinthe basse (20 cm) la corde, plinthe basse (20 cm), bancs, etc.)

### I.4.2.2 La pliométrie intense

Elle s'effectue avec des plinthes hautes (60 à 100 cm). Pour varier nous avons vu qu'elle peut s'exécuter avec différentes flexions de jambes : petite flexion 130°, moyenne flexion 90° et grande flexion 60°. Il est bon dans la même séance de combiner ces différentes exécutions.

Nous voyons donc que dans une même séance nous pouvons faire un seul type de flexion (on parle dans ce cas de méthode analytique) ou alors combiner 2 ou 3 angles de travail (méthode combinée).

### I.4.2.3 La pliométrie avec charge

Elle consiste à exécuter des squats par exemple en introduisant un ou plusieurs temps de ressort. [15]

### I.4.2.3 La détente et la pliométrie

On sait depuis Zatsiorski (1966) qu'un athlète qui pousse en position de squat (fig 7.a) sur une barre fixe produit une force donnée appelée force maximale isométrique.

Le même athlète lors d'un saut en contrebas (encore appelé exercice de pliométrie) (fig 7.b) va pouvoir développer une force supérieure d'une fois et demi voire 2 fois sa force maximale isométrique. [14]

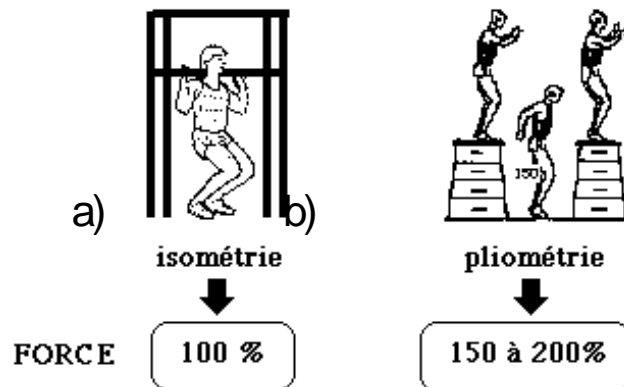


Figure 7 : Le gain de force due à l'étirement musculaire.



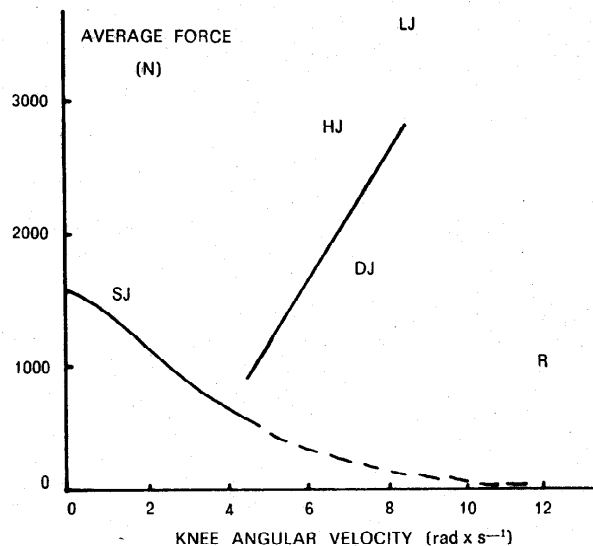
Bosco construit la courbe de la relation force-vitesse en prenant l'exemple d'un athlète à qui il demande d'exécuter des squats jumps (saut avec départ genoux fléchis à 90° et effectuer sans étirement musculaire) dans des conditions différentes : avec poids de corps seul, puis avec une charge progressivement croissante jusqu'à l'isométrie.

Le graphe 1 montre les résultats : en abscisses on note la vitesse de l'articulation du genou (en radian par seconde) et en ordonnée on enregistre la force sur plate-forme de force pour chacun des essais.

Si on demande à l'athlète d'effectuer un saut en contrebas (drop jump=DJ) on enregistre une force nettement supérieure pour une vitesse du genou également très supérieure. D'où la position du drop jump (DJ) sur la courbe.

Bosco par un calcul théorique indique la position de l'impulsion du saut en hauteur (HJ) du saut en longueur (LJ) et de la course (R).

Cette efficacité ne s'explique que grâce à l'utilisation du « cycle étirement-raccourcissement ».



**Graph 1 : Relation de force — vitesse**

**(Vitesse angulaire du genou et force développée par le joueur mesurée sur plate forme)**

Cette dernière a été construite à partir de l'exécution de différents squat jumps sur plate forme de force. En abscisse la vitesse angulaire du genou, en ordonnée la force en Newton (N) (10 N = 1kg) mesurée sur plate forme. La courbe représente donc le squat jump avec différentes charges. (SJ). DJ = drop jump, HJ = saut en hauteur, LJ = saut en longueur, R = course [16]

#### **I.4.2.3.1 Le haut du corps**

Certaines écoles (c'était le cas de l'école italienne) assimilaient la pliométrie aux situations d'hyper gravité (sauts en contrebas) ce qui ne laissait aucune possibilité pour une pliométrie du haut du corps. [15]

En fait d'après la définition physiologique de l'action musculaire pliométrique, le principe s'applique évidemment aux muscles des bras :

- Ø l'exemple type réside dans le lancer de médecine-ball en touche de football
- Ø le lancer de balle et de javelot
- Ø le tir de handball
- Ø le smash de volley

#### **I.4.2.4 Travaux antérieurs réalisés**

**Intitulé du thème :** « Analyse de la détente verticale en volley-ball » (Résultats et conclusion) [17]

Cette étude a été menée de façon à déterminer comment et pourquoi un volleyeur sautait plus haut qu'un autre. Pour cela ils ont étudié les mouvements, lors de sauts avec ou sans élan, de chaque volleyeur.

Dans ce travail, les auteurs n'ont présenté que les résultats obtenus lors de l'analyse des sauts avec élan. Cette analyse a eu pour but de déterminer si, à partir de l'étude de chaque volleyeur des J.S.A, il existait des critères cinématiques ou dynamiques qui pouvaient expliquer les différences de performance.

Ils ont calculé pour chaque sportif un certain nombre de paramètres cinématiques et dynamiques

#### **I.4.2.4.1 Echantillon de l'étude :**

L'échantillon d'étude était composé de 7 joueurs. Parmi ses joueurs un a été pris comme référence modèle pour pouvoir déterminer les critères discriminants

#### **I.4.2.4.2 Outils d'investigations :**

Dynamomètre, vidéo tridimensionnelle (c'est-à-dire à partir des images de saut)

#### **I.4.2.4.3 Paramètres cinématiques et dynamiques**

Ces paramètres régissent le mouvement du volleyeur lors du saut avec élan. Ils ont étudié, pour chaque sportif testé, les meilleurs sauts avec élan. Ils ont montré et expliqué dans un premier temps pourquoi ils ont choisi d'étudier les paramètres cinématiques suivants et leur rôle dans l'amélioration de la performance.

##### **I.4.2.4.3.1 Grandeurs cinématiques**

###### **I.4.2.4.3.1.1 Longueur du saut**

Ils ont mesuré la longueur du saut, c'est à dire la distance entre le dynamomètre sur lequel prennent appui les volleyeurs et l'endroit où ils retombent après le saut.

Plus cette distance est grande, moins la détente sera grande. De plus, ce paramètre leur a permis de connaître la technique utilisée pour le saut étudié. Si cette longueur est importante, le volleyeur pourra améliorer sa performance en augmentant son angle d'envol.

###### **I.4.2.4.3.1.2 Détente**

En mesurant la détente grâce à une analyse cinématique, ils ont pu classer les volleyeurs suivant leur performance.

Cette hauteur est égale à la différence entre la hauteur maximale atteinte par le centre de masse du volleyeur et la hauteur du centre de masse au moment du « décollage »

#### **I.4.2.4.3.1.3 Vitesse d'arrivée sur le plateau**

C'est plus la composante suivant l'axe (O, x) (x représentant l'avancé du volleyeur) de cette vitesse qui les a intéressés. Ils voudraient savoir si ce paramètre rentrait en compte dans la performance. Il est vrai qu'il est important de prendre de l'élan, mais ils ont calculé, pour le volleyeur qui a la plus mauvaise détente, la plus grande vitesse d'arrivée.

Ils n'ont donc pas pu dire si la vitesse d'arrivée sur le plateau est importante pour améliorer la performance. Pour eux, Ça n'était en tout cas pas un critère discriminant.

#### **I.4.2.4.3.1.4 Vitesse d'envol**

Pour la vitesse d'envol, c'est la composante suivant l'axe (O, z) de la vitesse du centre de masse lorsque le volleyeur quitte le plateau qui les a intéressée. Cette vitesse est importante dans un saut, c'est elle qui détermine la détente. Plus cette vitesse est importante, plus la détente sera grande. Toutefois, il faut aussi que l'angle d'envol soit assez grand. Le calcul de cette vitesse leur a permis aussi de vérifier et de confirmer les calculs de détente.

#### **I.4.2.4.3.1.5 Angle d'envol**

Cet angle est calculé entre le vecteur représentant la vitesse d'envol et le sol. Lorsque cet angle est grand, la détente n'en est que meilleure. Ils ont remarqué expérimentalement que si la détente était importante, l'angle d'envol était lui aussi important. D'où la nécessité de bien régler sa trajectoire d'envol.

#### **I.4.2.4.3.1.6 Accélérations des « bras » et des « jambes »**

Grâce à l'analyse vidéo, ils ont pu déterminer la trajectoire calculée de chaque segment du corps de l'athlète au cours du temps. À partir de ces trajectoires, ils ont calculé la vitesse et l'accélération de ces mêmes segments. Ils se sont intéressés plus particulièrement aux « bras » et aux « jambes » qui sont les principaux moteurs du mouvement. Le « bras » étant constitué du

bras et de l'avant-bras et la « jambe » de la cuisse et de la jambe. Ces accélérations les ont renseignés sur l'importance de l'utilisation de ces segments lors du saut.

#### **I.4.2.4.3.1.6.1 Angles intersegmentaires.**

De plus, ils ont calculé les angles intersegmentaires : entre le bras et le tronc du sportif qu'ils ont nommé ( $\alpha$ ) et entre la cuisse et la jambe ( $\beta$ ). Ces deux angles les ont renseignés sur les facultés du sportif à accélérer ses « bras » et ses « jambes ».

En effet, plus l'angle ( $\alpha$ ) est grand, plus le volleyeur aura la possibilité d'avoir une grande accélération des bras.

Quant à l'angle ( $\beta$ ), s'il est petit lors du dernier appui, le volleyeur aura la possibilité d'accroître l'accélération de ses « jambes », à condition bien sûr d'avoir la capacité musculaire pour déplier ses jambes et ensuite de « décoller ».

#### **I.4.2.4.3.1.6.2 Accélérations**

Du calcul de ces accélérations, ils ont remarqué pour les volleyeurs possédant les deux meilleures détenteurs une très forte accélération des « bras » (environ  $200 \text{ m/s}^2$  soit 20 fois l'accélération de la pesanteur). Ils ont calculé par ailleurs une accélération beaucoup plus faible pour les jambes (moyenne sur les 6 volleyeurs des J.S.A étudiés :  $58 \text{ m/s}^2$ ), elle représente seulement 29 % de l'accélération des « bras » ; d'où une différence nette entre ces deux accélérations.

À partir de ces accélérations, ils ont calculé la force développée par les « bras » et par les « jambes ». Cette force est calculée en multipliant l'accélération du segment par sa masse. Ainsi, si l'écart entre l'accélération des « bras » et l'accélération des « jambes » était grand, celui entre la force développée par les « bras » et celle développée par les « jambes » est réduit.

Le calcul de cette grandeur permet de connaître l'importance des « bras » et des « jambes » lors d'un saut. Ils ont remarqué lors de ce calcul une force quasi équivalente pour les « bras » et pour les « jambes », ce qui prouve l'importance primordiale des bras dans la performance.

#### **I.4.2.4.3.2 Grandeurs dynamiques**

Grâce à un dynamomètre, ils ont pu mesurer en temps réel les actions développées par le sportif lors du dernier appui. Ils ont déterminé donc l'évolution au cours du temps des trois composantes de la force d'action (force exercée par le sauteur sur le dynamomètre) :  $F_x$ ,  $F_y$ ,  $F_z$ . Pour chacune de ces forces, ils ont calculé les impulsions  $I_x$ ,  $I_y$ ,  $I_z$  qui leur correspondaient.

##### **I.4.2.4.3.2.1 Composantes de la force d'action lors du dernier appui**

Le dynamomètre permet tout d'abord de connaître les forces développées par le sportif lors de l'appui et ainsi de voir l'importance de ces forces sur la détente. La composante suivant l'axe (O,Z) notée  $F_z$  est la force qui les a intéressée le plus dans la recherche des critères de performance.

En moyenne sur tous les volleyeurs étudiés, le maximum de  $F_z$  est d'environ 3000 Newtons ; en outre, ils ont constaté que celui-ci est le plus important chez le volleyeur qui possède la meilleure détente. Mais l'augmentation de cette valeur n'implique pas une augmentation de la détente.

En effet, ils ont mesuré pour un volleyeur dont la détente est l'une des moins fortes, un pic de force suivant (O, z) qui est l'un des plus important

##### **I.4.2.4.3.2.2 Impulsions**

Le calcul de l'impulsion leur a permis de définir l'importance de ce paramètre dans l'optimisation de la performance. L'impulsion est définie par intégration des composantes de la force d'action au cours du temps. Ainsi, l'impulsion dépend de la durée d'appui et de la force.

Ils ont calculé, pour le volleyeur possédant la meilleure détente, la plus forte impulsion  $I_z$  (correspondant à la force  $F_z$ ) de tous les joueurs étudiés. Ainsi au-delà de la force appliquée lors du dernier appui, le volleyeur doit afin d'améliorer sa performance « jouer » sur la durée d'appui ainsi que sur la force elle-même.

#### **I.4.2.4.4 Conclusion de la recherche**

D'après cette recherche, les chercheurs ont pu déterminer quatre (4) critères discriminants :

#### **I.4.2.4.4.1 L'importance de l'utilisation des « bras »**

C'est en comparant la force développée par les « bras » et la force développée par les « jambes », chez les différents volleyeurs, qu'ils ont remarqué la faible différence qui existait entre ces deux valeurs. Cela met en évidence que l'utilisation des « bras » est aussi importante que celle des « jambes » dans un saut avec élan.

De là ils ont déduit que la manière d'amener les bras en arrière, afin d'augmenter l'angle inter segmentaire, permet d'accroître l'accélération des bras et donc d'augmenter la force développée par ce segment.

Le mouvement des bras est un critère discriminant dans l'amélioration de la performance.

#### **I.4.2.4.4.2 La force développée par les jambes : critère discriminant**

L'étude du septième joueur a permis de mettre en évidence une différence importante entre ce volleyeur et les joueurs des J.S.A.

Ils ont remarqué que la force développée par les « jambes » était supérieure de 33 % chez ce volleyeur à celle du meilleur des volleyeurs des J.S.A pour une accélération des « bras » identique. Ils ont déduit que c'est l'accélération des « jambes » qui a permis d'avoir une détente nettement supérieure.

#### **I.4.2.4.4.3 Problème de coordination entre les mouvements des « bras » et des « jambes »**

Lors de l'étude de l'accélération des « bras » et des « jambes », ils ont remarqué que les « bras » accélèrent toujours avant les « jambes ». Le geste des « bras » est donc le déclencheur du mouvement.

De plus, le temps d'accélération des « bras » est plus faible que le temps d'accélération des « jambes ». Ce phénomène entraîne la compensation par l'accélération des « jambes » de la perte d'accélération des bras. Dans plusieurs cas, l'accélération des « bras » est négative alors que l'accélération des « jambes » est positive. Si ces accélérations étaient positives dans le même intervalle de temps cela aurait des conséquences favorables sur la performance :

- Ø Augmentation de l'accélération du centre de masse.
- Ø Augmentation de la force totale développée par le sportif.
- Ø Amélioration de la détente.

Soit  $\Delta t$  l'intervalle de temps où l'accélération des « jambes » est positive ; si l'on compare les accélérations des « bras » et des « jambes » de deux volleyeurs, l'un possédant une meilleure détente que l'autre, ils ont remarqué que l'accélération des « bras » du volleyeur le moins performante est négative pendant un intervalle de temps  $\Delta t'$  qui est pratiquement égal à  $\Delta t$ .

Ainsi, une meilleure coordination entre ces accélérations et donc entre les mouvements de ces segments permet l'amélioration de la performance. Il faut donc augmenter l'intervalle de temps  $\Delta T = \Delta t - \Delta t'$  pour augmenter sa détente ou essayer d'accélérer en même temps avec les « bras » et les « jambes ».

Remarque : cette étude ne permet pas de dire si les sportifs peuvent accélérer en même temps avec les « bras » et les « jambes » car aucun des joueurs étudiés n'était dans ce cas là.

#### **I.4.2.4.4 Importance de l'impulsion**

Par comparaison entre les études de chaque volleyeur, ils ont remarqué que pour des valeurs de paramètres cinématiques à peu près identiques, la différence de performance dépendait de l'impulsion.

Dans le second chapitre nous allons introduire toutes les composantes de la présentation de la recherche à savoir : la problématique, l'hypothèse, les objectifs et les tâches de la recherche, les caractéristiques de l'échantillon d'étude, les moyens et méthodes de recherche utilisés et les fondements biomécaniques (cinématiques et dynamiques) de l'exécution des trois premières étapes du smash (élan, appel, impulsion et armé du bras).



# CHAPITRE II

PRESENTATION DE LA  
RECHERCHE

## **II.1 Problématique de la recherche**

Pour que le volleyeur attaquant puisse arriver à une maîtrise technique et une motricité optimale, la connaissance et l'utilisation de certains paramètres biomécaniques s'avèrent primordiales. Ce qui nous a poussé à se poser les questions suivantes :

- § Quelle vitesse d'arrivée et quelle vitesse d'envol doit atteindre le volleyeur attaquant depuis le début de l'élan jusqu'à la fin de l'impulsion ?
- § Quel angle d'envol doit-il choisir pour améliorer sa trajectoire lors de l'impulsion ?
- § Quelles sont la force maximale et la puissance maximale que le volleyeur attaquant doit développer lors de son impulsion ?

Toutes ces questions convergent vers la question principale à savoir : comment et pourquoi un volleyeur attaquant saute plus haut qu'un autre ?

## **II.2 Hypothèse de la recherche**

L'utilisation des paramètres cinématiques (vitesse d'arrivée, vitesse d'envol, angle d'envol, détente verticale et longueur du saut) et les paramètres dynamiques (force maximale et puissance maximale) permettent de déterminer la différence entre les différentes performances réalisées par chaque volleyeur attaquant.

## **II.3 Objectifs de la recherche**

Les objectifs de notre recherche se résument :

- § A l'étude de l'impact de certains paramètres biomécaniques (cinématiques et dynamiques) sur la réalisation du smash en général et de la détente verticale en particulier
- § A la mise en correspondance entre les résultats des joueurs, du groupe expérimental entre eux et avec les résultats du joueur de référence (Giba), à travers les différents paramètres biomécaniques (cinématiques et dynamiques) établis dans la fiche

analytique et à travers l'exécution modèle des différentes étapes du smash par l'intermédiaire des différents photogrammes et kinogrammes.

#### **II.4 Taches de la recherche**

Les taches de notre recherche se résument en :

- § l'analyse bibliographique à travers la revue de la littérature en ce qui concerne toutes documentations se rapportant à notre thème de recherche
- § l'établissement d'un questionnaire destiné aux entraîneurs
- § choix du test expérimental, de l'échantillon d'étude et des outils d'investigations.
- § l'établissement d'une fiche analytique, en utilisant le logiciel de calcul l'Excel, concernant l'exécution des trois (03) premières étapes du smash par le volleyeur attaquant, regroupant : l'affiliation, le lieu et la date du déroulement du test pour le groupe expérimental et la compétition (concernant seulement le joueur de référence GIBA), certains paramètres morphologiques et paramètres biomécaniques de chaque joueur de l'échantillon d'étude.

Cette fiche analytique nous a permis d'enregistrer tous les résultats des différents paramètres cités et élaborer différents tableaux regroupant les différents paramètres cinématiques et dynamiques. (Voir chapitre III)

**FICHE ANALYTIQUE DE L'EXECUTION DU TEST DU SMASH  
PAR LE VOLLEYEUR ATTAQUANT**

NOM:		DATE:	
PRENOM:		LIEU:	
CLUB:			
CATEGORIE:			
SEXE:			
AGE			

**1- PARAMETRES MORPHOLOGIQUES**

TAILLE (cm)	
POIDS (kg)	
ENVERGURE VERTICALE (cm)	

**2- PARAMETRES BIOMECANIQUES**

2-1 parametres biomecaniques utilisés durant la première et la deuxième phase de l'exécution du smash (phase de l'élan et de l'appel)

2-1-1 parametres du temps( $t_1$ ) : de la distance( $dh_1$ ) : du poids (P) : de l'accélération de pesanteur (g) et de la masse corporelle (m) pour chaque essai

essai		1	2	3
temps( $t_1$ ) en (s)				
distance( $dh_1$ ) en (m)				
poids (P) en (kg)				
Pesanteur (g) en( $m/s^2$ )				
masse corporelle (kg/f)	$m = p/g$			

2-1-2 parametres de l'accélération (a) et de la vitesse(V) pour chaque essai

essai		1	2	3
acceleration (a) en ( $m^2/s$ )	$a=2dh_1 / t_1^2$			
vitesse (v) en( m/s)	$V=at_1+V_0$			

2-2- parametres biomecaniques utilisés durant la troisième phase de l'exécution du smash (phase de l'impulsion et l'armé du bras)

2-2-1- parametres du temps( $t_2$ ), de l'angle d'envol ( $\alpha$ ) :de la vitesse horizontale ( $V_x$ ) :de la vitesse d'envol ( $V_y$ ) et des distances ( $dv$  et  $dh$ ) et de la longueur du saut (L) pour chaque essai

essai		1	2	3
Angk d'envol ( $\alpha$ ) en (degré)				
temps( $t_2$ ) en (s)				
Angle d'envol ( $\alpha$ ) en (radian)	$\sin(\alpha^*(3,14/180))$ $\cos(\alpha^*(3,14/180))$			
Décomposition de la vitesse V	$V_x = V \cos \alpha$ $V_y = V \sin \alpha$			
détente verticale mesurée (dvm)en	dvm			
détente verticale théorique (dvt)en	$dvt=-gt_2^2/2 + V_y t_2$			
distance horizontale( $dh$ )en(m)	$dh= V_x t$			
Longueur du saut mesurée (L) en(m)				

2-2-2- parametres de la vitesse d'envol ( $V_y$ ), du travail (W), de la puissance (P) et de la force (F)

essai		1	2	3
vitesse d'envol ( $V_y$ ) en (m/s)	$V_y = V \sin \alpha$			
travail (w) en (J)	$W=mg.dvm + 1/2 mV_y^2$			
puissance (P) en (watts)	$P = W / t_2$			
force (F) en (N)	$F = P/V_y$			

Figure 8 : Fiche analytique des trois premières étapes de l'exécution du smash

§ l'établissement des photogrammes (à partir des séquences vidéo) et des kinogrammes, des trois premières étapes d'exécution du smash pour chaque joueur du groupe expérimental et un kinogramme seulement pour le joueur de référence (Giba), sous support informatique en utilisant le logiciel (Movie Maker).

Le Movie Maker est un logiciel de montage vidéo fourni avec Windows XP permettant de créer facilement des montages vidéo et des diaporamas avec des effets, des transitions animées, des titres, de la musique de fond, des sons additionnels (commentaire enregistré, etc....).

Dans notre travail, ce logiciel nous a permis de sélectionner, à partir de chaque séquence vidéo, faisant référence à chaque essai réalisé par chaque joueur du groupe expérimental, les différentes étapes d'exécution du smash du début de l'élan jusqu'à la fin de l'impulsion (détente verticale maximale).

Quant à la séquence vidéo téléchargée (du site internet [www.google.ch](http://www.google.ch) sous le nom du : YouTube - Giba's Attack), nous n'avons pas pu utiliser le logiciel Movie Maker à cause de problèmes techniques. Nous avons utilisé seulement le logiciel Windows Média Player, logiciel qui permet de rechercher et télécharger des séquences audio ou vidéo.

A partir de ce dernier, en utilisant la touche Pause, nous avons sélectionné les différentes étapes d'exécution du smash du début de l'élan jusqu'à la fin de l'impulsion (détente verticale maximale).

Pour l'ensemble des joueurs de l'échantillon d'étude, nous avons obtenu des photogrammes, à partir desquels, en utilisant le tableau de Fischer (voir annexes), nous avons établi des kinogrammes. Ces derniers permettent d'étudier un geste sportif à partir de la juxtaposition image par image pour voir la réalisation du geste technique du chaque volleyeur attaquant et déceler les différentes défaillances ou performances obtenues.

§ Analyse et interprétation des résultats, du test expérimental réalisé par le groupe expérimental et des résultats du joueur de référence (Giba) à travers la séquence vidéo, du questionnaire, de l'observation et de l'entretien fermé.

## II.5 Caractéristiques de l'échantillon de recherche


Dans le cadre de notre recherche, nous avons choisi quatre (04) volleyeurs attaquants issus de 3 clubs de la Nationale 1 seniors garçons représentant le groupe expérimental et le meilleur joueur de l'équipe nationale brésilienne senior de volley-ball (Giba).


**Tableau n° 1 : Caractéristiques de l'échantillon d'étude**

Nom & Prénom	Age	Taille	Poids	Club
Nehal Fouzi	37	192	94	CACConstantine
Nehal Hamza	18	192	77	CACConstantine
Azzas Samir	24	194	73	VBCCConstantine
Nezar Skander	18	180	70	CRAin Mlila
Giba	30	194	85	EN Brésil

Voici par ailleurs les caractéristiques du joueur de référence, le meilleur joueur mondial (Giba)

**Tableau n° 2 : Caractéristiques du joueur de référence Giba [18]**

Fiche d'identité	
<b>Nom complet</b>	Gilberto Amaury de Godoy Filho
<b>Nationalité</b>	 <a href="#">Brésil</a>
<b>Date de naissance</b>	<a href="#">23 décembre 1976</a> (30 ans)
<b>Taille</b>	1,94 m
<b>Poids</b>	85 kg
<b>Surnom</b>	<i>Giba</i>

Caractéristiques	
Hauteur à l'attaque	325 cm
Hauteur au contre	312 cm
Latéralité	Droitier
Situation en club	
Club actuel	 <a href="#">Iskra Odintsovo</a>
Poste	Réceptionneur-attaquant

De ce tableau nous avons déduit la détente verticale mesurée (dvm) de ce joueur qui est égale à

**1.31 mètre (dvm = Hauteur d'attaque – Taille)**

## II.6 Moyens et méthodes de recherche

Pour bien cerner notre thème de recherche, nous avons choisi les moyens et méthodes de recherche suivantes :

### II.6.1 Questionnaire

Destiner aux entraîneurs pour savoir l'intérêt qu'ils accordent à la biomécanique du sport et son utilisation pour améliorer les performances de leurs joueurs

### II.6.2 Observation

L'observation destinée à voir réellement le déroulement de certaines séances d'entraînement et récolter certaines informations concernant certains joueurs et entraîneurs à l'entraînement et en compétition

### **II.6.3 Entretien fermé**

L'entretien fermé avec certains joueurs de certains clubs comme complément de moyen de recherche pour confirmer certaines informations concernant le déroulement des séances d'entraînement au niveau de leur club

### **II.6.4 Test expérimental**

Test expérimental concernant l'exécution des différentes étapes de la technique du smash, réalisé à l'intérieur de la salle omnisports de l'INFS/CJS de Constantine, par l'ensemble du groupe expérimental.

#### **II.6.4.1 Outils d'investigations**

Les outils d'investigation utilisés pour la réalisation du test comprennent :

- Un demi terrain de volley-ball synthétique
- Un filet de volley-ball à une hauteur de 2,43 mètres
- Deux antennes flexibles placées sur le filet, distant de 3 mètres, pour délimiter le champ d'action du volleyeur attaquant c.à.d ce dernier doit exécuter le smash à l'intérieur des deux antennes
- Une planche de 4 m de hauteur et de 2m de largeur placée à l'extérieur du terrain, parallèle à la ligne latérale et distante par rapport à cette dernière de 1,5 mètre, perpendiculaire par rapport au sol, graduée de 0m à 3,80m, située de profil par rapport au volleyeur attaquant qui va exécuter le smash





**Figure n°9 : Représente les outils d'investigations  
(Planche millimétrée, décamètre  
filet avec les deux antennes, poudre  
blanche étalée sur le sol, un pèse personne)**



**Figure n°10 : Représente la planche  
millimétrée graduée**

- Un pèse personne : pour prendre le poids de chaque joueur du groupe expérimental ( $\Delta P = 1 \text{ Kg}$ )
- Un décamètre pour mesurer la distance parcourue par le volleyeur attaquant du début de l'élan jusqu'à la fin de l'appel, de l'appui de l'impulsion jusqu'au point de réception après le smash et du point de réception jusqu'à la ligne médiane



**Figure n°11 : Représente le décamètre et la pèse personne**

- Une poudre blanche étalée sur une surface de 10,5m (3,5x3) qui permettra de savoir avec exactitude l'endroit où le volleyeur a pris ses marques



**Figure n° 12 : Représente la poudre blanche étalée sur le terrain synthétique**

- Deux chronomètres manuels pour prendre le temps mis par chaque volleyeur attaquant pour parcourir la distance horizontale (du début de l'élan jusqu'à la fin de l'appel) et la distance verticale représentant la détente verticale (de la prise de l'appui avant l'impulsion jusqu'à la fin de cette dernière) ( $\Delta t = 0.05s$  pour actionner le chronomètre +  $0.05s$  pour arrêter le chronomètre + la valeur d'une division du chronomètre)
- Un appareil photo vidéo numérique, de marque CANON Power Shot 10x optical zoom 3.2 Mega Pixels, pour filmer l'exécution du smash de chaque joueur du groupe expérimental

#### **II.6.4.2 Déroulement du test**

Le volleyeur attaquant se place derrière la ligne des 3 mètres, au signal verbal il prend son élan en se déplaçant à l'intérieur de la zone où la poudre blanche est étalée pour exécuter le smash à l'intérieur des deux antennes flexibles placées sur le filet

Durant ce temps deux chronométreurs, placés de profil par rapport à ce joueur, prennent le temps mis par le ce dernier pour exécuter les 3 premières étapes du smash.

Un cameraman, placé de profil par rapport au joueur, filme le déroulement du test et deux observateurs, placés du même côté que ce dernier, pour désigner l'endroit où il a commencé à prendre son élan ; où il a fait son appel et où il a réceptionné après l'exécution du geste d'attaque.

#### **II.6.4.3 Fréquence du test**

Chaque joueur réalise trois essais. Les résultats sont reportés sur la fiche analytique précédemment établie

#### **II.6.5 Analyse bibliographique**

L'analyse bibliographique nous a permis de récolter différentes documentations (ouvrages, publications Internet, séquence vidéo...), ayant relation avec notre thème de recherche, qui nous ont servi de base pour mieux cerner et interpréter les résultats de notre recherche.

### **II.6.6 Outil statistique**

Nous avons utilisés comme outil statistique le pourcentage (%). Pour le calculer on a utilisé l'équation suivante :

$$X = n.100/ N$$

Ou  $n$  = partie de l'échantillon (entraîneurs),  $N$  = ensemble de l'échantillon,  $X$  = pourcentage représentant une partie de l'échantillon

### **II.7 Fondements biomécaniques (cinématiques et dynamiques) de l'exécution des trois premières étapes du smash**

Sur la base de l'étude bibliographique, nous avons établi les fondements biomécaniques (cinématiques et dynamiques) faisant référence aux trois premières étapes d'exécution du smash par le volleyeur attaquant

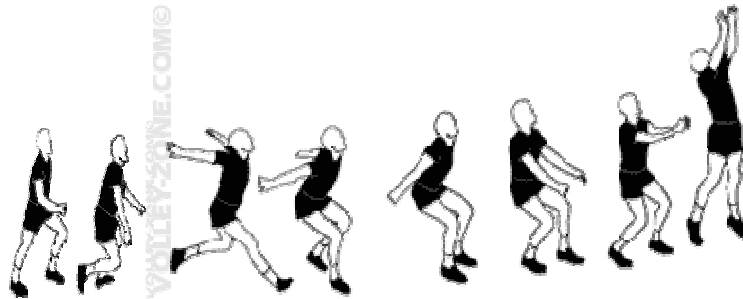
Dans notre étude biomécanique nous avons négligé la résistance de l'air, les forces de frottements et nous avons supposé que le volleyeur attaquant s'est déplacé, suivant une ligne droite et non pas curviligne, du début de l'élan jusqu'à la fin de l'appel. .

Pour mesurer la distance horizontale parcourue ( $dh_1$ ), la longueur du saut ( $L$ ) et la distance entre point de réception et la ligne médiane ( $dc$ ) du joueur de référence (Giba) à partir de la séquence vidéo, nous avons utilisé une échelle réduite. La longueur du demi terrain de Volley- ball, mesurée à partir de l'écran de l'ordinateur est égale à : 14.70 centimètre par rapport à la mesure réelle qui est de : 9 mètres

#### **II.7.1 Caractéristiques cinématiques**

Les caractéristiques cinématiques des trois phases d'exécution du smash se répartissent comme suit :

### II.7.1.1 Phases de l'élan et de l'appel



**Figure n°13 : Représente l'exécution des deux premières étapes du smash (élan et appel) par le volleyeur attaquant**

Le volleyeur attaquant parcourt une distance horizontale ( $dh_1$ ) en un temps ( $t_1$ ) avec une vitesse ( $V$ ) et une accélération ( $a$ ). Le mouvement que décrit ce joueur, pendant les deux premières phases, est un mouvement uniformément accéléré. Pour calculer la vitesse ( $V$ ) nous avons calculé d'abord l'accélération ( $a$ ) en appliquant la formule suivante :

$$dh_1 = \frac{1}{2} at_1^2 + V_0 + d_{ho}$$

Ou la vitesse initiale ( $V_0 = 0\text{m/s}$ ) et la distance horizontale initiale ( $d_{ho} = 0\text{ m}$ ), on aura alors :

$$dh_1 = \frac{1}{2} at_1^2 \rightarrow a = 2dh_1 / t_1^2$$

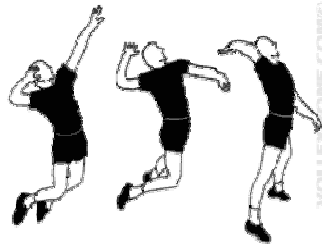
Avec  $dh_1$  = distance horizontale du début de l'élan jusqu'à la fin de l'appel ;  $t_1$  = temps mis pour parcourir cette distance

Pour calculer la vitesse ( $V$ ) nous avons utilisé l'équation suivante :

$$V = at_1 + V_0$$

Avec  $V_0 = 0\text{ m/s}$

### II.7.1.2 Phase de l'impulsion et d'armé du bras



**Figure n°14 : Représente la phase de l'impulsion et l'armé du bras du Volleyeur attaquant**

Après la fin de l'appel, le joueur prend son appui avant d'exécuter un saut vertical. À ce moment-là, nous prenons l'angle d'envol ( $\alpha$ ) représentant l'angle d'envol entre l'horizontale (sol) et la jambe droite (jambe d'appel) du volleyeur attaquant. Le joueur va sauter avec une vitesse d'envol :

$$V' = V_y + V_x \quad \text{avec} \quad \begin{array}{l} V_y : \text{vitesse d'envol verticale} \\ V_x : \text{vitesse d'envol horizontale} \end{array}$$

Dans notre étude c'est la vitesse d'envol verticale qui nous intéresse le plus puisque le volleyeur attaquant utilise cette dernière pour sa détente verticale.

Le mouvement que décrit le volleyeur attaquant lors de l'impulsion est un mouvement uniformément décéléré. Nous avons calculé alors la vitesse d'envol en utilisant la formule suivante :

$$V_y = V \sin \alpha \quad \text{ou} \quad \begin{array}{l} V : \text{vitesse initiale d'envol} \\ \alpha : \text{angle d'envol} \end{array}$$

Sachant bien que le volleyeur attaquant est soumis à l'accélération de pesanteur ( $g$ ) lors de son impulsion, sa détente verticale théorique ( $dvt$ ) sera égale à :

$$dvt = -gt_2/2 + Vy t_2 + dvto$$

Avec  $g$  : accélération de pesanteur

$t_2$  : temps mis par le joueur pour exécuter sa détente de l'appui jusqu'à la fin de l'impulsion

dvto : détente verticale initiale

La détente verticale mesurée (dvm) est prise directement de la planche millimétrée.

Après avoir mis la photo en zoom maximale, nous avons mesuré la détente verticale réalisée par chaque volleyeur attaquant du groupe expérimental, en translatant la droite reliant le pied du volleyeur attaquant par rapport au sol sur la planche millimétrée.

### **II.7.2 Caractéristiques dynamiques**

Ce qui nous a intéressé le plus dans les caractéristiques dynamiques c'est la force maximale et la puissance maximale développées par le volleyeur attaquant lors de sa détente verticale.

Nous avons d'abord calculé le travail (W) fourni par le joueur lors de l'impulsion. Ce travail représente l'énergie mécanique utilisée par le joueur pour exécuter une détente verticale, elle est égale à la somme de l'énergie potentielle (Ep) et l'énergie cinétique (Ec).

Pour calculer le travail (W), nous avons utilisé l'équation suivante :

$$W = E_m = E_p + E_c$$

Avec  $E_m$  : énergie mécanique,  $E_p$  : énergie potentielle,  $E_c$  : énergie cinétique

L'énergie potentielle est égale à :

$$E_p = m g \times d_{vm}$$

Avec  $m$  : masse corporelle,  $g$  : accélération de pesanteur,  $d_{vm}$  : détente verticale mesurée.

L'énergie cinétique est égale à :

$$E_c = \frac{1}{2} m V_y^2$$

Avec  $m$  : masse corporelle,  $V_y$  : vitesse d'envol verticale

Le travail est donc égal à :

$$W = mg \, d_{vm} + \frac{1}{2} m V_y^2$$

Pour calculer la puissance maximale (P) développée par le joueur, nous avons utilisé la formule suivante :

$$P = W / t_2$$

Avec W : travail fourni par le volleyeur attaquant pour exécuter une détente verticale,  $t_2$  = temps mis de l'appui jusque (à la fin de l'impulsion)

Pour calculer la force maximale (F) développée par le joueur, nous avons utilisé la formule suivante :

$$F = P \cdot V_y$$

Avec P = puissance développée par le joueur pour exécuter une détente verticale,  $V_y$  = Vitesse d'envol

**Remarque :** Sur la base de ses fondements biomécaniques, nous avons établi la fiche analytique proposée antérieurement.

Après avoir présenté et argumenté certains aspects clés de la présentation de la recherche, dans le troisième chapitre, nous avons analysé et interprété les différents résultats du test expérimental et les résultats des différents paramètres biomécaniques (cinématiques et dynamiques) enregistrés par le joueur de référence (Giba) évalués à partir de la séquence vidéo.

Nous avons aussi analysé et interprété tous les résultats du questionnaire destiné aux entraîneurs, de l'observation pédagogique concernant certaines séances d'entraînement au niveau des clubs d'où sont issus les joueurs du groupe expérimental et de l'entretien fermé avec certains joueurs de certains clubs.



# CHAPITRE III

ETUDE  
EXPERIMENTALE

### III.1 Analyses et interprétations des résultats

#### III.1.1 Analyses et interprétations des résultats de l'exécution du smash par l'échantillon d'étude

##### III.1.1.1 Analyse et interprétation des résultats du joueur Nahal Hamza



Photogramme du 1<sup>er</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes du smash

**Tableau N ° 3 : Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 1<sup>er</sup> essai de l'exécution du smash**

**Caractéristiques cinématiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'élan Jusqu'à la fin de l'appel</b>	<b>Distance horizontale (dh<sub>1</sub>) en (m)</b>	<b>2.26</b>
	<b>Temps (t<sub>1</sub>) en (s)</b>	<b>0.94</b>
	<b>Accélération (a) en (m<sup>2</sup>/s)</b>	<b>5.11</b>
	<b>Vitesse d'arrivée (V) en (m/s)</b>	<b>4.80</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Angle d'envol (<math>\alpha</math>) en (degré)</b>	<b>62</b>
	<b>Temps (t<sub>2</sub>) en (s)</b>	<b>0.74</b>
	<b>Vitesse d'envol (Vy) en (m/s)</b>	<b>4.24</b>
	<b>Détente verticale mesurée (dvm) en (m)</b>	<b>0.72</b>
	<b>Détente verticale théorique (dvt) en (m)</b>	<b>1.30</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'au Point de réception</b>	<b>Longueur du saut (L) en (m)</b>	<b>1.01</b>
	<b>Distance entre point de réception et ligne médiane (dc) en (m)</b>	<b>0.12</b>

**Caractéristiques dynamiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Force maximale (F) en (Newton)</b>	<b>40.13</b>
	<b>Puissance maximale (P) en (Watts)</b>	<b>170.21</b>

### **III.1.1.1.1 Analyse et interprétation du 1<sup>er</sup> essai.**

#### **III.1.1.1.1.1 Analyse**

Le joueur a parcouru une distance horizontale ( $dh_1 = 2,26$  m) du début de l'élan jusqu'à la fin de l'appel en un temps ( $t_1 = 0,94$ s) avec une vitesse d'arrivée ( $V = 4,80$  m/s). L'angle d'envol à l'appui ( $\alpha = 72$ degré), la vitesse d'envol ( $V_y = 4,24$  m/s) et la détente verticale mesurée ( $d_{vm} = 0,72$  m). La force maximale développée ( $F = 40,13$  N) pour une puissance développée ( $P = 170,21$  Watts). La distance entre le point de réception et la ligne médiane ( $d_c = 0,12$ m) (Voir tableau n°1 et graphe n°1)

D'après le photogramme, nous constatons un mauvais balancement et une mauvaise élévation des bras vers l'arrière, une mauvaise coordination des mouvements des bras et des jambes à cause de l'asynchronisation de ses dernières. Les bras accélèrent alors que le pied gauche ne touche pas le sol. (Voir photogramme 1<sup>er</sup> essai et kinogramme 1<sup>er</sup> essai (Annexe3))

Bonne symétrie entre pied d'appel et pied controlatéral avec une bonne flexion des genoux lors de l'impulsion

#### **III.1.1.1.1.2 Interprétation**

La détente verticale obtenue est due, d'une part à un angle d'envol faible, et d'autre part à un mauvais balancement et une mauvaise élévation des bras qui n'ont pas permis peut-être une bonne accélération des bras. Ces derniers sont les déclencheurs du mouvement d'impulsion qui donnent une bonne vitesse d'envol.



Photogramme du 2<sup>ème</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes du smash

**Tableau N°4: Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 2<sup>ème</sup> essai de l'exécution du smash**

**Caractéristiques cinématiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'élan</b>	<b>Distance horizontale (dh<sub>1</sub>) en (m)</b>	<b>3.23</b>
<b>Jusqu'a la fin de l'appel</b>	<b>Temps (t<sub>1</sub>) en (s)</b>	<b>1.23</b>
	<b>Accélération (a) en (m<sup>2</sup>/s)</b>	<b>4.26</b>
	<b>Vitesse d'arrivée (V) en (m/s)</b>	<b>5.25</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Angle d'envol (<math>\alpha</math>) en (degré)</b>	<b>52</b>
	<b>Temps (t<sub>2</sub>) en (s)</b>	<b>0.69</b>
	<b>Vitesse d'envol (Vy) en (m/s)</b>	<b>4.13</b>
	<b>Détente verticale mesurée (dvm) en (m)</b>	<b>0.76</b>
	<b>Détente verticale théorique (dvt) en (m)</b>	<b>1.29</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'au Point de réception</b>	<b>Longueur du saut (L) en (m)</b>	<b>1.01</b>
	<b>Distance entre point de réception et ligne médiane (dc) en (m)</b>	<b>0.16</b>

**Caractéristiques dynamiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Force maximale (F) en (Newton)</b>	<b>44.00</b>
	<b>Puissance maximale (P) en (Watts)</b>	<b>181.88</b>

### **III.1.1.1.2 Analyse et interprétation du 2<sup>ème</sup> essai**

#### **III.1.1.1.2.1 Analyse**

Le joueur a parcouru une distance horizontale ( $dh_1 = 3,23\text{m}$ ) plus grande que le premier essai en un temps ( $t_1 = 1,23\text{s}$ ), avec une vitesse d'arrivée ( $V = 5,25\text{m/s}$ ). L'angle d'envol à l'appui est inférieur au 1<sup>er</sup> essai ( $\alpha = 52$  degrés), la vitesse d'envol ( $V_y = 4,13\text{m/s}$ ) et la détente verticale mesurée ( $dvm = 0,76\text{m}$ ). La force maximale développée étant supérieure au 1<sup>er</sup> essai ( $F = 44,00\text{ N}$ ), ce qui a permis une augmentation de la puissance maximale ( $P = 181,88\text{ Watts}$ ). La distance entre le point de réception et la ligne médiane ( $dc = 0,16\text{m}$ ) (voir tableau n° 2 et graphe n° 1)

D'après le photogramme, nous observons un mauvais balancement et une mauvaise élévation des bras, il coordonne mal les mouvements de ses bras et de ses jambes à cause de l'asynchronisation des mouvements de ses derniers. Car ses bras s'accélèrent alors que le pied gauche n'a pas encore touché le sol. Bonne symétrie entre pied d'appel et pied controlatéral avec bonne flexion des genoux lors de l'impulsion. (Voir photogramme 2<sup>ème</sup> essai et kinogramme 2<sup>ème</sup> essai (Annexe 3))

#### **III.1.1.1.2.2 Interprétation**

La performance réalisée peut être due à une augmentation de la force maximale développée ce qui a favorisé une augmentation de la puissance maximale



**Photogramme du 3<sup>eme</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes du smash**



**Tableau N°5 : Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 3<sup>ème</sup> essai de l'exécution  
du smash**

**Caractéristiques cinématiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'élan Jusqu'à la fin de l'appel</b>	<b>Distance horizontale (<math>dh_1</math>) en (m)</b>	<b>2.16</b>
	<b>Temps (<math>t_1</math>) en (s)</b>	<b>1.34</b>
	<b>Accélération (<math>a</math>) en (<math>m^2/s</math>)</b>	<b>2.40</b>
	<b>Vitesse d'arrivée (<math>V</math>) en (m/s)</b>	<b>3.22</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Angle d'envol (<math>\alpha</math>) en (degré)</b>	<b>56</b>
	<b>Temps (<math>t_2</math>) en (s)</b>	<b>0.64</b>
	<b>Vitesse d'envol (<math>V_y</math>) en (m/s)</b>	<b>2.66</b>
	<b>Détente verticale mesurée (<math>d_{vm}</math>) en (m)</b> <b>Détente verticale théorique (<math>d_{vt}</math>) en (m)</b>	<b>0.71</b> <b>0.81</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'au Point de réception</b>	<b>Longueur du saut (<math>L</math>) en (m)</b>	<b>1.01</b>
	<b>Distance entre point de réception et ligne médiane (<math>dc</math>) en (m)</b>	<b>0.84</b>

**Caractéristiques dynamiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Force maximale (<math>F</math>) en (Newton)</b>	<b>48.35</b>
	<b>Puissance maximale (<math>P</math>) en (Watts)</b>	<b>129.07</b>

### **III.1.1.1.3 Analyse et interprétation du 3<sup>ème</sup> essai**

#### **III.1.1.1.3.1 Analyse :**

Le joueur a parcouru une distance horizontale ( $dh_1 = 2,26 \text{ m}$ ) en un temps ( $t_1 = 1,34 \text{ s}$ ), ce qui montre une lenteur dans le déplacement. Sa vitesse d'arrivée ( $V = 2,40 \text{ m/s}$ ), son angle d'envol ( $\alpha = 56 \text{ degrés}$ ) et sa détente verticale mesurée ( $dvm = 0,71 \text{ m}$ ). La force maximale développée est la plus importante de tous les essais ( $F = 48,35 \text{ N}$ ). La distance entre le point de réception et la ligne médiane ( $dc = 0,84 \text{ m}$ ) (voir tableau n° 3 et graphe n° 1)

D'après le photogramme, nous constatons un mauvais balancement et une mauvaise élévation des bras, une mauvaise coordination des mouvements des bras et des jambes à cause de l'asynchronisation des mouvements de ces derniers. Les bras accélèrent alors que le pied gauche n'a pas encore touché le sol. (Voir photogramme 3<sup>ème</sup> essai et kinogramme 3<sup>ème</sup> essai (Annexe 3)).

#### **III.1.1.1.3.2 Interprétation**

La performance réalisée est due, d'une part à un angle d'envol qui est faible, et d'autre part à une diminution de la vitesse d'arrivée et de la vitesse d'envol. Vitesses, les moins importantes réalisées dans tous les essais.

L'augmentation de la force maximale peut être le facteur qui a permis l'obtention de ce résultat.

## III.1.1.1.4 Conclusion générale concernant les trois essais

Tableau récapitulatif n°6 : Résultats des différents paramètres cinématiques et dynamiques de l'exécution du smash des 3 essais

## Caractéristiques cinématiques

Phases	Paramètres	Valeurs		
		Essai 1	Essai 2	Essai 3
Du début de l'élan jusqu'à la fin de l'appel	Distance horizontale ( $dh_1$ ) en (m)	2.26	3.23	2.16
	Temps ( $t_1$ ) en (s)	0.94	1.23	1.34
	Accélération (a) en ( $m^2/s$ )	5.11	4.26	2.40
	Vitesse d'arrivée (v) en (m/s)	4.80	5.25	3.22
Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin	Angle d'envol ( ) en (degrés)	62	52	56
	Temps ( $t_2$ ) en (s)	0.74	0.69	0.64
	Vitesse d'envol ( $V_y$ ) en (m/s)	4.24	4.13	2.66
	Détente verticale mesurée (dvm) en (m)	0.72	0.76	0.71
	Détente verticale théorique (dvt) en (m)	1.30	1.29	0.81
Du début de l'impulsion jusqu'au point de réception	Longueur du saut (L) en (m)	1.01	1.01	1.01
	Distance entre point de réception et ligne médiane (dc) en (m)	0.12	0.16	0.84

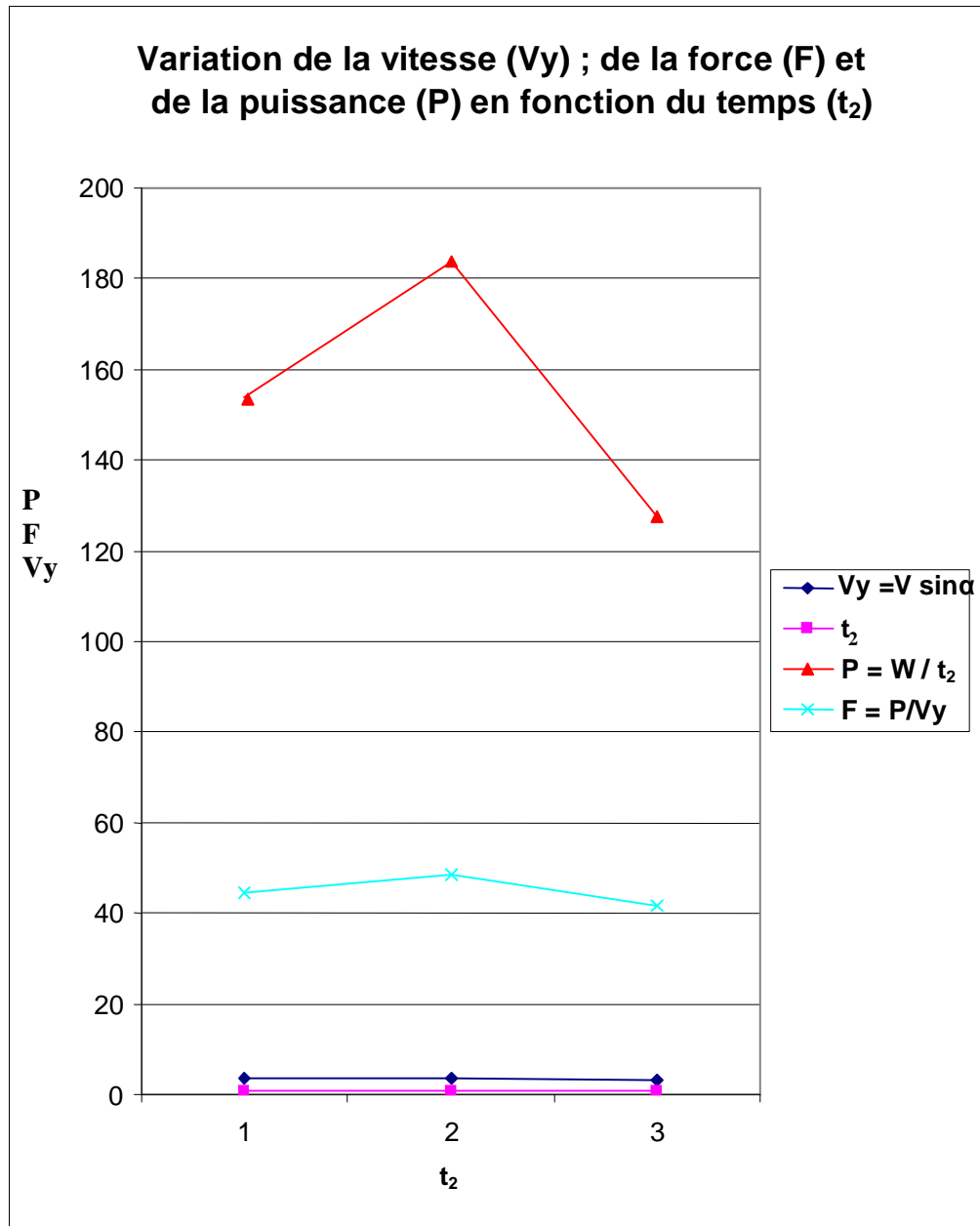
## Caractéristiques dynamiques

Phases	Paramètres	Valeurs		
		Essai 1	Essai 2	Essai 3
Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin	Force maximale (F) en(Newton)	40.13	44.00	48.35
	Puissance maximale (P) en (Watts)	170.21	181.88	129.07

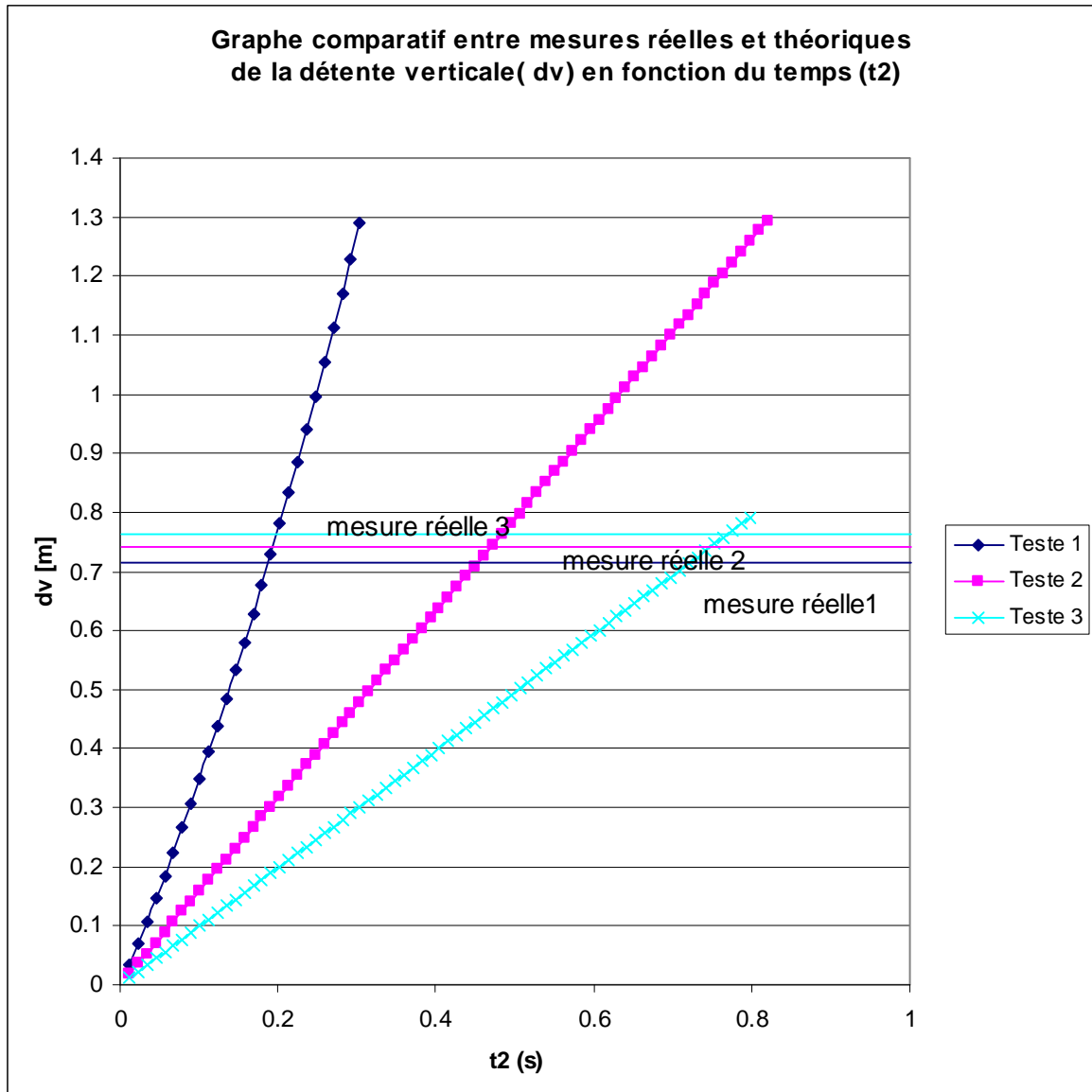
(les résultats colorés en vert représentent les meilleures performances réalisées par le joueur attaquant lors des 3 essais)

Ce joueur possède le poids le moins élevé parmi tous les joueurs expérimentés. Sa détente est l'une des meilleures réalisées dans le groupe. Il possède l'une des meilleures vitesses d'arrivée et vitesse d'envol, ainsi que l'une des meilleures forces maximales développées, malgré un faible angle d'envol obtenu. (Voir Tableau récapitulatif n°1 et graphe n° 1)

Du point de vue technique nous constatons qu'il a un mauvais balancement et une mauvaise élévation des bras vers l'arrière. Il coordonne mal les mouvements de ces bras et de ces jambes à cause de l'asynchronisation des mouvements de ces derniers. Il peut améliorer sa détente, en augmentant son angle d'envol, en balançant et en élevant assez haut ses bras vers l'arrivée, en coordonnant les mouvements de ses bras et de ses jambes pour donner une bonne accélération aussi bien pour les bras que pour les jambes.



**Graphe n°2 : Graphe de la variation de la vitesse d'envol ( $V_y$ ) de la force ( $F$ ) et de la puissance ( $P$ ) en fonction du temps ( $t_2$ )**



**Graphe n°3 : Graphe comparatif entre détente verticales mesurées et théoriques en fonction du temps (t2)**

De la figure n°2, nous constatons que les valeurs des détente verticales théoriques (dvt) sont toujours supérieures aux valeurs des détente verticales mesurées (dvm). Cela s'explique du fait que nous avons négligé la résistance de l'air, les forces de frottements et que nous avons supposé que le volleyeur attaquant se déplaçait, pour réaliser les deux premières phases du smash (élan et appel), suivant une ligne droite et non pas curviligne.

Ses valeurs des détente verticales théoriques (dvt) sont les valeurs que le volleyeur attaquant est supposé atteindre lors du saut.

### III.1.1.2 Analyse et interprétation des résultats du joueur Nazar Skander

Photos prises à partir du logiciel Movie Maker



Photogramme du 1<sup>er</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes du smash

**Tableau N °7 : Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 1<sup>er</sup> essai de l'exécution du smash**

**Caractéristiques cinématiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'élan Jusqu'à la fin de l'appel</b>	<b>Distance horizontale (dh<sub>1</sub>) en (m)</b>	<b>2.46</b>
	<b>Temps (t<sub>1</sub>) en (s)</b>	<b>1.32</b>
	<b>Accélération (a) en (m<sup>2</sup>/s)</b>	<b>2.82</b>
	<b>Vitesse d'arrivée (V) en (m/s)</b>	<b>3.72</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Angle d'envol (<math>\alpha</math>) en (degré)</b>	<b>63</b>
	<b>Temps (t<sub>2</sub>) en (s)</b>	<b>0.61</b>
	<b>Vitesse d'envol (Vy) en (m/s)</b>	<b>3.31</b>
	<b>Détente verticale mesurée (dvm) en (m)</b>	<b>0.67</b>
	<b>Détente verticale théorique (dvt) en (m)</b>	<b>0.85</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'au Point de réception</b>	<b>Longueur du saut (L) en (m)</b>	<b>1.96</b>
	<b>Distance entre point de réception et ligne médiane (dc) en (m)</b>	<b>0.18</b>

**Caractéristiques dynamiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Force maximale (F) en (Newton)</b>	<b>42.55</b>
	<b>Puissance maximale (P) en (Watts)</b>	<b>141.18</b>



### **III.1.1.2.1 Analyse et interprétation du 1<sup>er</sup> essai**

#### **III.1.1.2.1.1 Analyse**

Le joueur a parcouru une distance horizontale ( $dh_1 = 2,46\text{m}$ ) en un temps ( $t_1 = 1,32\text{s}$ ) avec une vitesse d'arrivée ( $V = 3,72\text{ m/s}$ ). Une détente verticale mesurée ( $d_{vm} = 0,67\text{m}$ ), un angle d'envol à l'appui ( $\alpha = 63\text{degrés}$ ) et une longueur de saut ( $L = 1,96\text{m}$ ), l'une des plus grandes réalisée parmi tout le groupe expérimental. Une force maximale développée ( $F = 42,55\text{ N}$ ) pour une puissance ( $P = 141,18\text{ Watts}$ ). La distance entre le point de réception et la ligne médiane ( $dc = 0,18\text{m}$ ) (Voir tableau n°1 et graphe n°1)

D'après le photogramme, nous constatons un balancement et une élévation des bras vers l'arrière qui n'est pas important, si on les compare au joueur NAHAL FOUZI. Il coordonne mal les mouvements des bras et des jambes à cause de l'asynchronisation du mouvement de ces derniers. Ses bras accélèrent alors que la jambe gauche ne touche pas le sol.

Il présente une bonne symétrie entre le pied d'appel et le pied controlatéral avec une mauvaise flexion des genoux lors de l'impulsion. (Voir photogramme 1<sup>er</sup> essai et kinogramme 1<sup>er</sup> essai (Annexe 3))

#### **III.1.1.2.1.2 Interprétation**

La performance réalisée est due à une faible vitesse d'arrivée, un faible angle d'envol et une faible vitesse d'envol, en le comparant au joueur Nahal Hamza. Une longueur de saut assez grande, qui a engendré une détente verticale moins importante.

Ce résultat peut être aussi dû à une mauvaise coordination des mouvements des bras et des jambes qui peut diminuer l'accélération de ces derniers.

Photos prises à partir du logiciel Movie Maker



Photogramme du 2<sup>ème</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes du smash

**Tableau N° 8: Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 2<sup>ème</sup> essai de l'exécution du smash**

**Caractéristiques cinématiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'élan Jusqu'à la fin de l'appel</b>	<b>Distance horizontale (dh<sub>1</sub>) en (m)</b>	<b>2.66</b>
	<b>Temps (t<sub>1</sub>) en (s)</b>	<b>1.31</b>
	<b>Accélération (a) en (m<sup>2</sup>/s)</b>	<b>3.12</b>
	<b>Vitesse d'arrivée (V) en (m/s)</b>	<b>4.09</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Angle d'envol (<math>\alpha</math>) en (degré)</b>	<b>65</b>
	<b>Temps (t<sub>2</sub>) en (s)</b>	<b>0.60</b>
	<b>Vitesse d'envol (Vy) en (m/s)</b>	<b>3.70</b>
	<b>Détente verticale mesurée (dvm) en (m)</b>	<b>0.65</b>
	<b>Détente verticale théorique (dvt) en (m)</b>	<b>1.09</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'au Point de réception</b>	<b>Longueur du saut (L) en (m)</b>	<b>2.04</b>
	<b>Distance entre point de réception et ligne médiane (dc) en (m)</b>	<b>0.14</b>

**Caractéristiques dynamiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Force maximale (F) en (Newton)</b>	<b>42.47</b>
	<b>Puissance maximale (P) en (Watts)</b>	<b>157.46</b>

**III.1.1.2.2 Analyse et interprétation du 2eme essai :****III.1.1.2.2.1 Analyse :**

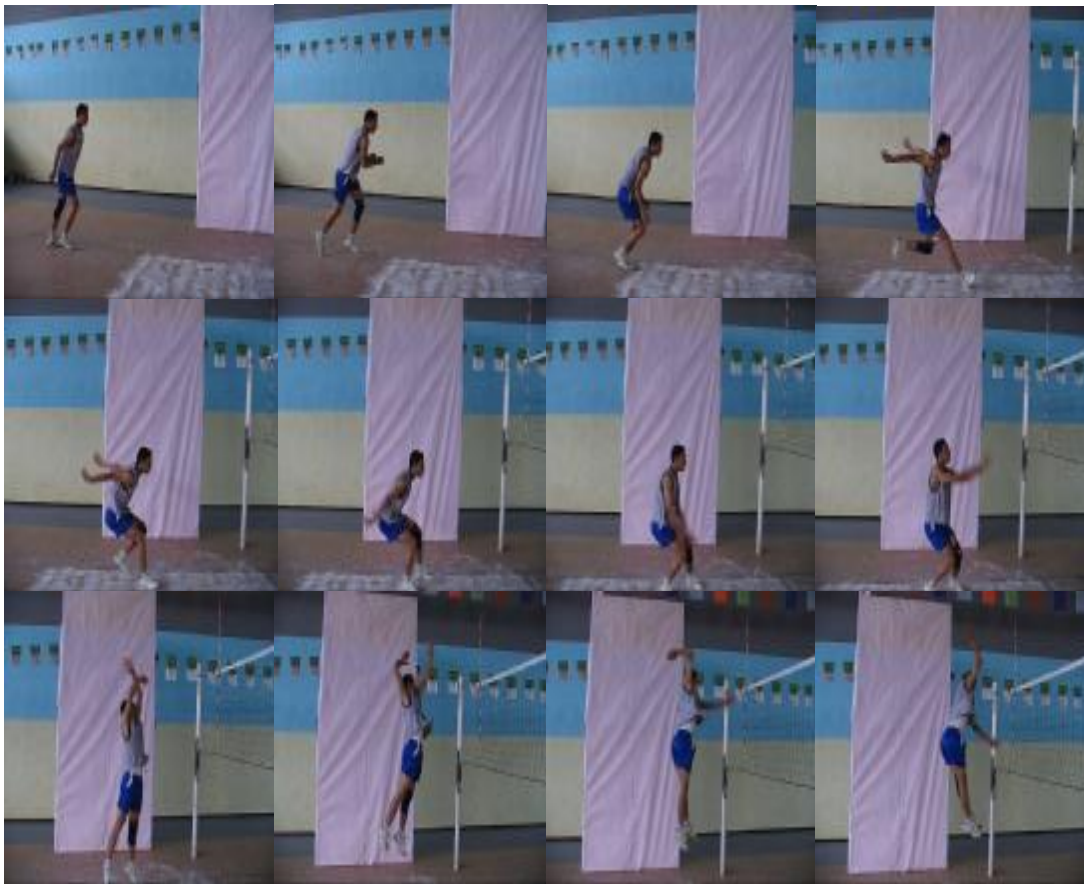
Le joueur a parcouru la distance horizontale ( $dh_1 = 2,66$  m) en un temps ( $t_1 = 1,31$ s) avec une vitesse d'arrivée ( $V = 4,09$ m/s), un angle d'envol ( $\alpha = 65$ degrés) et une vitesse d'envol ( $V_y = 3,70$ m/s) plus importante que le 1<sup>er</sup> essai. Une détente verticale mesurée ( $d_{vm} = 0,65$  m) et une Longueur du saut ( $L = 2,04$  m) La distance entre le point de réception et la ligne médiane ( $d_c = 0,14$ m). Une force maximale développée ( $F = 42,47$  N) pour une puissance ( $P = 157,46$  Watts)(Voir tableau n°2 et graphe n°1)

D'après le photogramme, nous constatons que ce joueur possède un mauvais balancement et une mauvaise élévation des bras en arrière. Il coordonne mal les mouvements de ses bras et de ses jambes à cause de l'asynchronisation des mouvements de ces derniers. Il possède aussi une bonne symétrie entre pied d'appel et pied controlatéral avec toujours une mauvaise flexion des genoux lors de l'impulsion (Voir photogramme 2<sup>eme</sup> essai et kinogramme 2<sup>eme</sup> essai (Annexe 3)).

**III.1.1.2.2.2 Interprétation :**

La détente verticale obtenue est due, d'une part à un faible angle d'envol et une longueur de saut plus grande, malgré une vitesse d'arrivée et une vitesse d'envol plus importantes que le premier essai, et d'autre part à la mauvaise coordination des mouvements des bras et des jambes.

Photos prises à partir du logiciel Movie Maker



Photogramme du 3<sup>ème</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes du smash

**Tableau N° 9: Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 3<sup>ème</sup> essai de exécution  
du smash**

**Caractéristiques cinématiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'élan Jusqu'à la fin de l'appel</b>	<b>Distance horizontale (dh<sub>1</sub>) en (m)</b>	<b>2.20</b>
	<b>Temps (t<sub>1</sub>) en (s)</b>	<b>0.83</b>
	<b>Accélération (a) en (m<sup>2</sup>/s)</b>	<b>6.38</b>
	<b>Vitesse d'arrivée (V) en (m/s)</b>	<b>5.30</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Angle d'envol (<math>\alpha</math>) en (degré)</b>	<b>62</b>
	<b>Temps (t<sub>2</sub>) en (s)</b>	<b>0.63</b>
	<b>Vitesse d'envol (Vy) en (m/s)</b>	<b>4.67</b>
	<b>Détente verticale mesurée (dvm) en (m)</b>	<b>0.72</b>
	<b>Détente verticale théorique (dvt) en (m)</b>	<b>0.84</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'au Point de réception</b>	<b>Longueur du saut (L) en (m)</b>	<b>1.83</b>
	<b>Distance entre point de réception et ligne médiane (dc) en (m)</b>	<b>0.14</b>

**Caractéristiques dynamiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Force maximale (F) en (Newton)</b>	<b>43.56</b>
	<b>Puissance maximale (P) en (Watts)</b>	<b>203.78</b>

**III.1.1.2.3 Analyse et interprétation du 3<sup>ème</sup> essai :****III.1.1.2.3.1 Analyse**

Le joueur a parcouru la distance horizontale ( $dh_1 = 2,20$  m) en un temps ( $t_1 = 0,83$  s) avec une vitesse d'arrivée la plus importante réalisée parmi les trois essais ( $V = 5,30$  m/s). Un angle d'envol ( $\alpha = 62$  degrés) avec une bonne vitesse d'envol ( $V_y = 4,67$  m/s). Une détente verticale mesurée ( $d_{vm} = 0,72$  m) pour une longueur de saut ( $L = 1,83$  m). La distance entre le point de réception et la ligne médiane ( $dc = 0,14$  m) Une force maximale ( $F = 43,56$  N) et une puissance maximale ( $P = 203,67$  Watts) les meilleures enregistrées parmi tout le groupe expérimental (voir tableau n°3 et graphe n°1)

D'après le photogramme, nous constatons un bon balancement avec une bonne élévation des bras vers l'arrière. Il coordonne mal les mouvements des bras et des jambes. Présente une bonne symétrie entre pied d'appel et pied controlatéral avec une mauvaise flexion des genoux lors de l'impulsion. (Voir photogramme 3<sup>ème</sup> essai et kinogramme 3<sup>ème</sup> essai (Annexe 3)).

**III.1.1.2.3.2 Interprétation :**

La détente verticale étant la meilleure parmi les trois essais réalisés. Elle est due à de meilleure vitesse d'arrivée et vitesse d'envol, une diminution de la longueur de saut malgré un faible angle d'envol et une grande puissance maximale développée lors de l'impulsion.

## III.1.1.2.4 Conclusion générale concernant les trois essais

**Tableau récapitulatif n°10 : Résultats des différents paramètres cinématiques et dynamiques de l'exécution du smash des 3 essais**

**Caractéristiques cinématiques**

Phases	Paramètres	Valeurs		
		Essai 1	Essai 2	Essai 3
Du début de l'élan jusqu'à la fin de l'appel	Distance horizontale ( $dh_1$ ) en (m)	2.46	2.66	2.20
	Temps ( $t_1$ ) en (s)	1.32	1.31	0.83
	Accélération (a) en ( $m^2/s$ )	2.82	3.12	6.38
	Vitesse d'arrivée (v) en (m/s)	3.72	4.09	5.30
Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin	Angle d'envol ( ) en (degrés)	63	65	62
	Temps ( $t_2$ ) en (s)	0.61	0.60	0.63
	Vitesse d'envol ( $V_y$ ) en (m/s)	3.31	3.70	4.67
	Détente verticale mesurée ( $d_{vm}$ ) en (m)	0.67	0.65	0.72
	Détente verticale théorique ( $d_{vt}$ ) en (m)	0.85	1.09	0.84
Du début de l'impulsion jusqu'au point de réception	Longueur du saut (L) en (m)	1.96	2.04	1.83
	Distance entre point de réception et ligne médiane ( $d_c$ ) en (m)	0.18	0.14	0.14

**Caractéristiques dynamiques**

Phases	Paramètres	Valeurs		
		Essai 1	Essai 2	Essai 3
Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin	Force maximale (F) en(Newton)	42.55	42.47	43.56
	Puissance maximale (P) en (Watts)	141.18	157.46	203.678

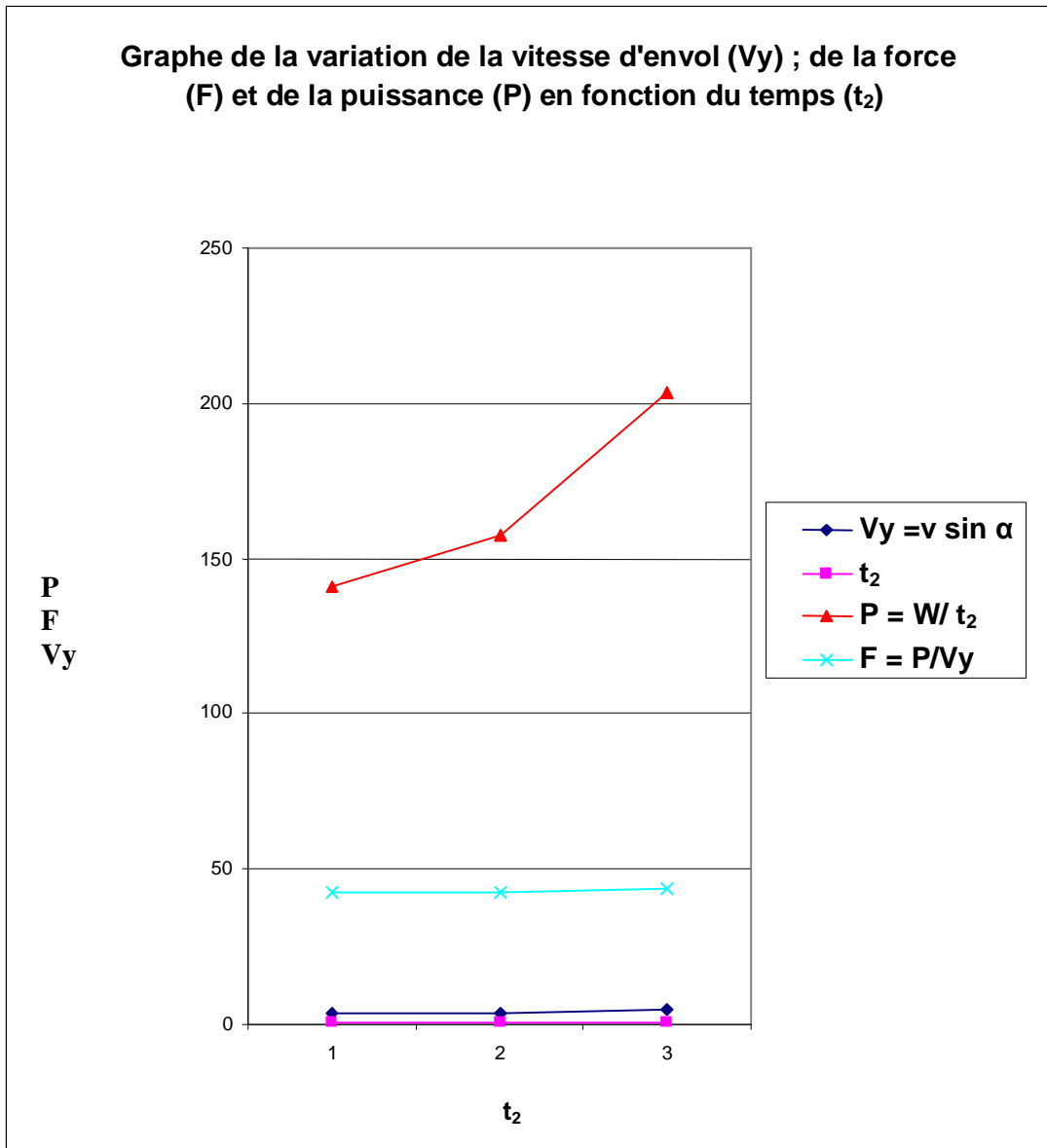
(les résultats colorés en vert représentent les meilleures performances réalisées par le joueur attaquant lors des 3 essais)



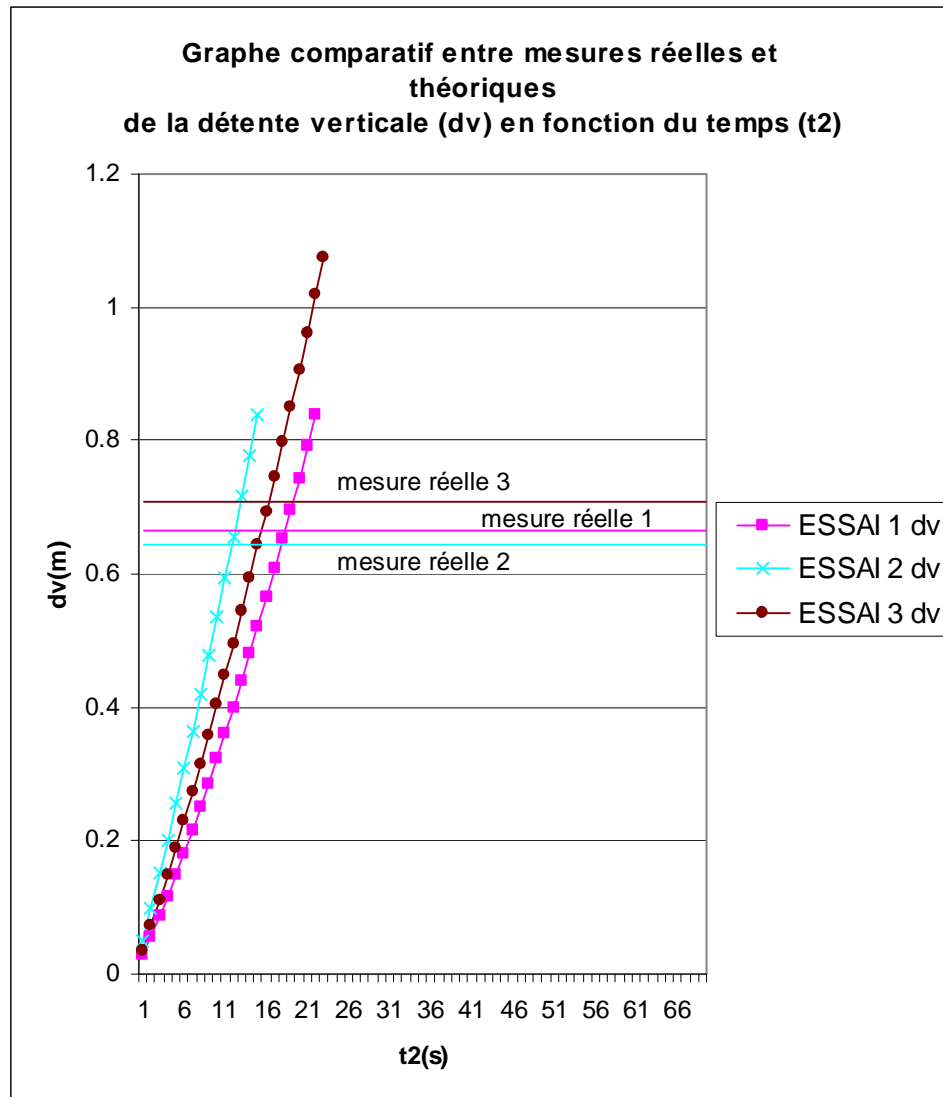
Il est l'un des deux joueurs le moins âgé du groupe, possédant la plus petite taille .Sa détente verticale est l'une des meilleures réalisées. Possédant les meilleures vitesse d'arrivée et vitesse d'envol, la meilleure puissance développée et le plus faible angle d'envol parmi tout le groupe expérimental.. (Voir Tableau récapitulatif n°2et graphe n° 1)

Du point de vue technique, il présente en général un balancement et une élévation des bras qui ne sont pas importants, il coordonne mal les mouvements des bras et jambes ce qui peut influencer l'accélération des ces derniers . La mauvaise flexion des genoux influence négativement la trajectoire d'envol .Il possède la plus grande longueur de saut parmi tout le groupe.

Pour améliorer sa performance, il doit augmenter son angle d'envol, bien coordonner les mouvements des bras et des jambes afin de donner plus d'accélération aux mouvements de ces derniers et bien fléchir les genoux pour améliorer sa trajectoire d'envol.



**Graphe n°4 : Graphe de la variation de la vitesse d'envol ( $V_y$ ) de la force ( $F$ ) et de la puissance ( $P$ ) en fonction du temps ( $t_2$ )**



**Graphe n°5 : Graphe comparatif entre détente verticales mesurées et théoriques en fonction du temps ( $t_2$ )**

De la figure n°2, nous constatons que les valeurs des détente verticales théoriques (dvt) sont toujours supérieures aux valeurs des détente verticales mesurées (dvm). Cela s'explique du fait que nous avons négligé la résistance de l'air, les forces de frottements et que nous avons supposé que le volleyeur attaquant se déplaçait, pour réaliser les deux premières phases du smash (élan et appel), suivant une ligne droite et non pas curviligne.

Ses valeurs des détente verticales théoriques (dvt) sont les valeurs que le volleyeur attaquant est supposé atteindre lors du saut.

### III.1.1.3 Analyse et interprétation des résultats du joueur Nahal Fouzi



**Photogramme du 1<sup>er</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes du smash**

**Tableau N °11 : Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 1<sup>er</sup> essai de l'exécution du smash**

**Caractéristiques cinématiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'élan Jusqu'à la fin de l'appel</b>	<b>Distance horizontale (dh<sub>1</sub>) en (m)</b>	<b>3.00</b>
	<b>Temps (t1) en (s)</b>	<b>1.75</b>
	<b>Accélération (a) en (m<sup>2</sup>/s)</b>	<b>1.95</b>
	<b>Vitesse d'arrivée (V) en (m/s)</b>	<b>3.42</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Angle d'envol (<math>\alpha</math>) en (degré)</b>	<b>72</b>
	<b>Temps (t2) en (s)</b>	<b>0.59</b>
	<b>Vitesse d'envol (Vy) en (m/s)</b>	<b>3.25</b>
	<b>Détente verticale mesurée (dvm) en (m)</b>	<b>0.37</b>
	<b>Détente verticale théorique (dvt) en (m)</b>	<b>1.40</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'au Point de réception</b>	<b>Longueur du saut (L) en (m)</b>	<b>1.36</b>
	<b>Distance entre point de réception et ligne médiane (dc) en (m)</b>	<b>0.42</b>

**Caractéristiques dynamiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Force maximale (F) en (Newton)</b>	<b>44.52</b>
	<b>Puissance maximale (P) en (Watts)</b>	<b>145.01</b>

### **III.1.1.3.1 Analyse et interprétation du 1<sup>er</sup> essai**

#### **III.1.1.3.1.1 Analyse :**

Le joueur a parcouru la distance horizontale ( $dh_1 = 3 \text{ m}$ ) en un temps ( $t_1 = 1,75\text{s}$ ), plus lent que NAHAL HAMZA, avec une vitesse d'arrivée ( $V = 3,42 \text{ m/s}$ ). Son angle d'envol est meilleur que ce dernier ( $\alpha = 72^\circ$ ) avec une vitesse d'envol ( $V_y = 3,25\text{m/s}$ ). Sa détente verticale mesurée ( $d_{vm} = 0,37 \text{ m}$ ). Sa force maximale ( $F = 44,52 \text{ N}$ ) et sa puissance maximale ( $P = 145,01 \text{ Watts}$ ). La distance entre le point de réception et la ligne médiane ( $d_c = 0,42\text{m}$ ) (voir tableau n°1 et graphe n°1)

D'après le photogramme nous observons un bon balancement et une bonne élévation des bras vers l'arrière, le joueur coordonne mal les mouvements de ses bras et de ses jambes à cause de l'asynchronisation des mouvements de ces derniers ; ces bras accélèrent alors que le pied gauche ne touche pas encore le sol. Bonne symétrie entre pied d'appel et pied controlatéral avec une bonne flexion des genoux. (voir photogramme 1<sup>er</sup> essai et kinogramme 1<sup>er</sup> essai (Annexe 3)).

#### **III.1.1.3.1.2 Interprétation :**

La performance réalisée est due à une vitesse d'arrivée moins importante en la comparant à celle de NAHAL HAMZA. Une vitesse d'envol moins importante et une longueur de saut plus grande malgré un bon angle d'envol.

Photos prises à partir du logiciel Movie Maker



Photogramme du 2<sup>ème</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes du smash

**Tableau N ° 12 : Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 2<sup>ème</sup> essai de l'exécution du smash**

**Caractéristiques cinématiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'élan Jusqu'à la fin de l'appel</b>	<b>Distance horizontale (dh<sub>1</sub>) en (m)</b>	<b>3.51</b>
	<b>Temps (t<sub>1</sub>) en (s)</b>	<b>2.12</b>
	<b>Accélération (a) en (m<sup>2</sup>/s)</b>	<b>1.56</b>
	<b>Vitesse d'arrivée (V) en (m/s)</b>	<b>3.31</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Angle d'envol (<math>\alpha</math>) en (degré)</b>	<b>75</b>
	<b>Temps (t<sub>2</sub>) en (s)</b>	<b>0.56</b>
	<b>Vitesse d'envol (Vy) en (m/s)</b>	<b>3.19</b>
	<b>Détente verticale mesurée (dvm) en (m)</b>	<b>0.38</b>
	<b>Détente verticale théorique (dvt) en (m)</b>	<b>1.40</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'au Point de réception</b>	<b>Longueur du saut (L) en (m)</b>	<b>1.06</b>
	<b>Distance entre point de réception et ligne médiane (dc) en (m)</b>	<b>0.13</b>

**Caractéristiques dynamiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Force maximale (F) en (Newton)</b>	<b>47.27</b>
	<b>Puissance maximale (P) en (Watts)</b>	<b>151.05</b>



**III.1.1.3.2 Analyse et interprétation du 2eme essai :****III.1.1.3.2.1 Analyse :**

Le joueur a parcouru la distance horizontale ( $dh_1 = 3,51\text{m}$ ) en un temps ( $t_1 = 2,12\text{s}$ ) avec une vitesse d'arrivée ( $V = 3,31\text{m/s}$ ), l'angle d'envol à l'appui ( $\alpha = 75\text{degrés}$ ), meilleur que le premier essai, avec une vitesse d'envol ( $V_y = 3,19\text{ m/s}$ ). Sa détente verticale mesurée ( $dvm = 0,38\text{ m}$ ), La force maximale développée ( $F = 47,27\text{ N}$ ) étant supérieure par rapport au 1<sup>er</sup> essai). La distance entre le point de réception et la ligne médiane ( $dc = 0,13\text{m}$ ) (voir tableau n°2 et graphe n°1)

D'après le photogramme nous constatons un bon balancement et une bonne élévation des bras vers l'arrière, bonne coordination entre les mouvements des bras et jambes, bonne symétrie entre pied d'appel et pied controlatéral avec une bonne flexion des genoux lors de l'impulsion (voir photogramme 2<sup>eme</sup> essai et kinogramme 2<sup>eme</sup> essai(Annexe 3)).

**III.1.1.3.2.2 Interprétation :**

La performance réalisée est presque similaire a l'essai précédent. Elle peut s'expliquer par l'augmentation de l'angle d'envol ainsi que la force maximale développée, une diminution de la vitesse d'arrivée et la vitesse d'envol malgré une bonne coordination des mouvements du bras et des jambes.



Photogramme du 3<sup>ème</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes du smash

**Tableau N° 13 : Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 3<sup>ème</sup> essai de l'exécution du smash**

**Caractéristiques cinématiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'élan Jusqu'à la fin de l'appel</b>	<b>Distance horizontale (<math>dh_1</math>) en (m)</b>	<b>2.69</b>
	<b>Temps (<math>t_1</math>) en (s)</b>	<b>1.77</b>
	<b>Accélération (<math>a</math>) en (<math>m^2/s</math>)</b>	<b>1.71</b>
	<b>Vitesse d'arrivée (<math>V</math>) en (m/s)</b>	<b>3.03</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Angle d'envol (<math>\alpha</math>) en (degré)</b>	<b>74</b>
	<b>Temps (<math>t_2</math>) en (s)</b>	<b>0.57</b>
	<b>Vitesse d'envol (<math>V_y</math>) en (m/s)</b>	<b>2.92</b>
	<b>Détente verticale mesurée (<math>d_{vm}</math>) en (m)</b>	<b>0.45</b>
	<b>Détente verticale théorique (<math>d_{vt}</math>) en (m)</b>	<b>1.78</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'au Point de réception</b>	<b>Longueur du saut (<math>L</math>) en (m)</b>	<b>1.51</b>
	<b>Distance entre point de réception et ligne médiane (<math>d_c</math>) en (m)</b>	<b>0.25</b>

**Caractéristiques dynamiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Force maximale (<math>F</math>) en (Newton)</b>	<b>49.93</b>
	<b>Puissance maximale (<math>P</math>) en (Watts)</b>	<b>145.85</b>

**III.1.1.3.3 Analyse et interprétation du 3<sup>ème</sup> essai :****III.1.1.3.3.1 Analyse :**

Le joueur a parcouru la distance horizontale ( $dh_1=2,69$  m) en un temps ( $t_1=1,77$ s) il reste toujours lent en déplacement. Sa vitesse d'arrivée ( $V = 3,03$ m /s), son angle d'envol à l'appui ( $\alpha= 74$ degré) avec une vitesse d'envol ( $V_y=2 ; 92$ m/s). La force maximale est la meilleure enregistrée dans tous les essais ( $F= 49,93$ N). La distance entre le point de réception et la ligne médiane ( $dc= 0.25$ m) (Voir tableau n°3 et graphe n°1)

D'après le photogramme, nous constatons qu'il a un bon balancement et une bonne élévation des bras vers l'arrière ; mais il coordonne mal les mouvements des bras et jambes, car ces bras accélèrent alors que le pied gauche ne touche pas le sol. Bonne symétrie entre le pied d'appel et le pied controlatéral avec bonne flexion des genoux lors de l'impulsion. (Voir photogramme 3<sup>ème</sup> essai et kinogramme 3<sup>ème</sup> essai (Annexe 3)).

**III.1.1.3.3.2 Interprétation :**

La performance réalisée est due à l'augmentation de la force maximale développée, malgré une vitesse d'arrivée et une vitesse d'envol moins importantes par rapport aux deux premiers essais, et une longueur de saut la plus grande enregistrée.

## III.1.1.3.4 Conclusion générale concernant les trois essais

**Tableau récapitulatif n°14 : Résultats des différents paramètres cinématiques et dynamiques de l'exécution du smash des 3 essais**

**Caractéristiques cinématiques**

Phases	Paramètres	Valeurs		
		Essai 1	Essai 2	Essai 3
Du début de l'élan jusqu'à la fin de l'appel	Distance horizontale ( $dh_1$ ) en (m)	3.00	3.51	2.69
	Temps ( $t_1$ ) en (s)	1.75	2.12	1.77
	Accélération (a) en ( $m^2/s$ )	1.95	1.56	1.71
	Vitesse d'arrivée (v) en (m/s)	3.42	3.31	3.03
Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin	Angle d'envol ( ) en (degrés)	72	75	74
	Temps ( $t_2$ ) en (s)	0.59	0.56	0.57
	Vitesse d'envol ( $V_y$ ) en (m/s)	3.25	3.19	2.92
	Détente verticale mesurée (dvm) en (m)	0.37	0.38	0.45
	Détente verticale théorique (dvt) en (m)	1.40	1.40	1.78
Du début de l'impulsion jusqu'au point de réception	Longueur du saut (L) en (m)	1.36	1.06	1.51
	Distance entre point de réception et ligne médiane (dc) en (m)	0.42	0.03	0.09

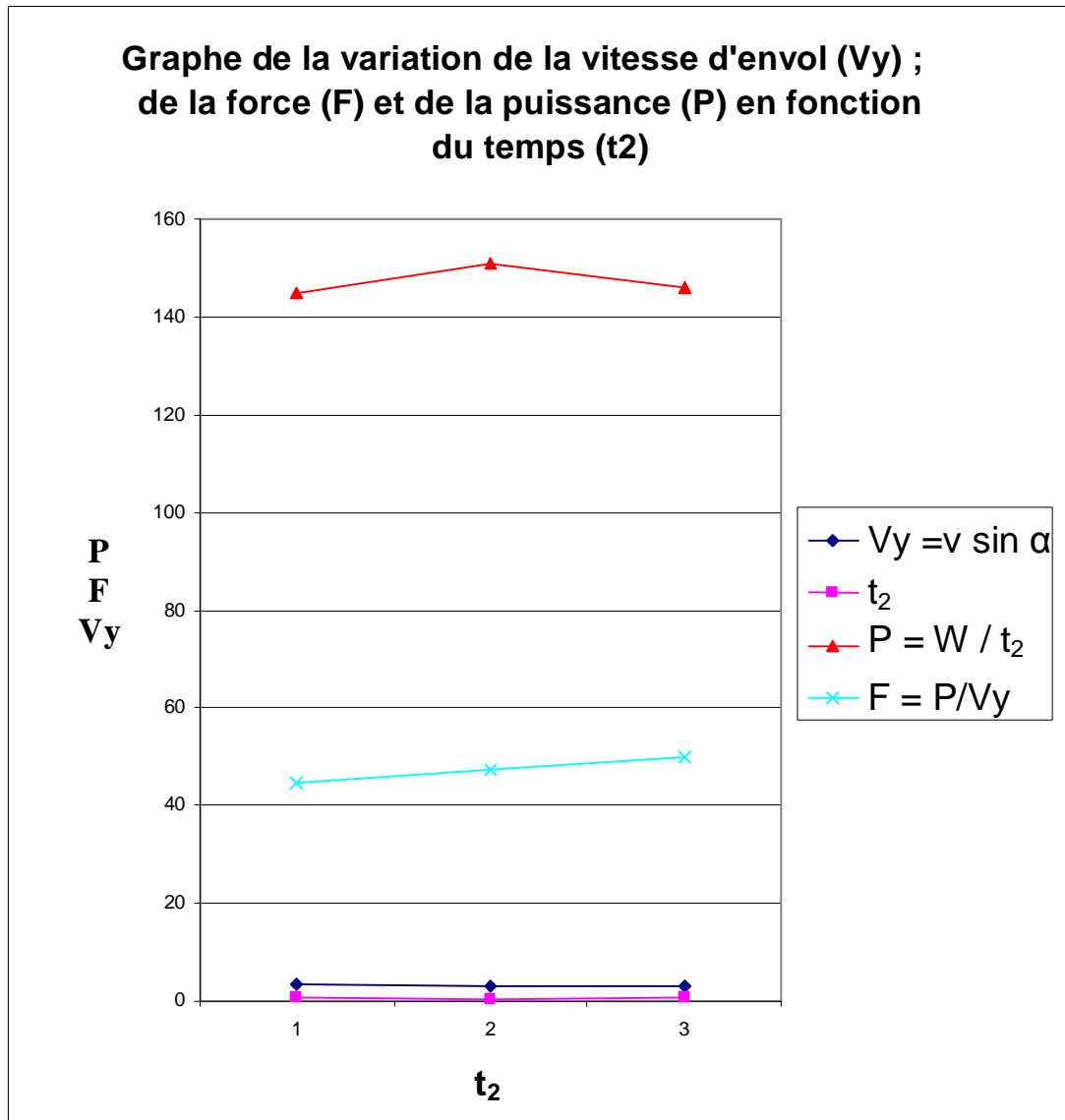
**Caractéristiques dynamiques**

Phases	Paramètres	Valeurs		
		Essai 1	Essai 2	Essai 3
Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin	Force maximale (F) en(Newton)	44.52	47.27	49.93
	Puissance maximale (P) en (Watts)	145.01	151.05	145.85

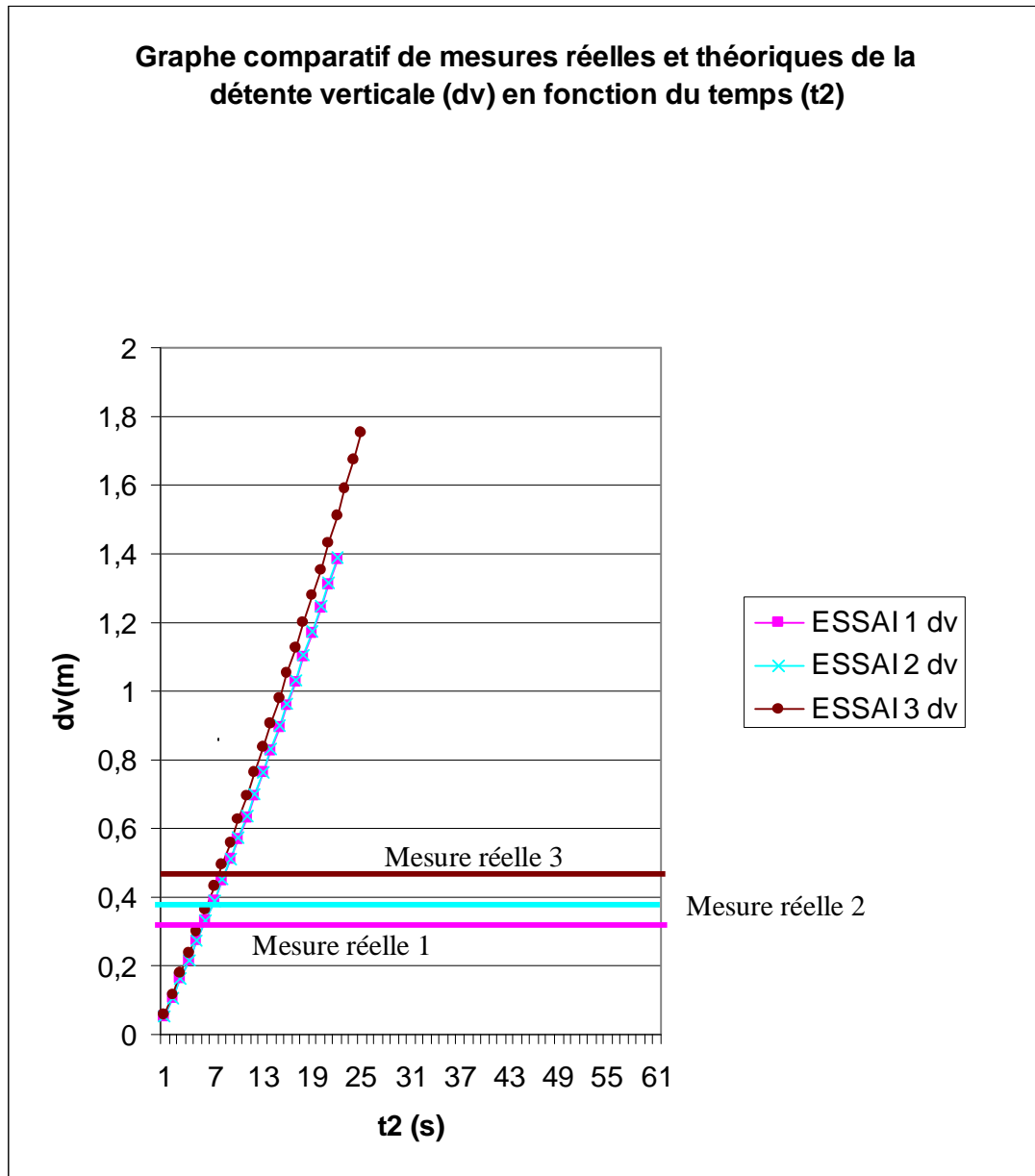
(Les résultats colorés en vert représentent les meilleures performances réalisées par le volleyeur attaquant lors des 3 essais)

Il est le joueur le plus âgé, possédant un poids nettement supérieur par rapport à tous les joueurs expérimentés. Sa détente est la plus faible réalisée, due à une vitesse d'arrivée et une vitesse d'envol les moins importantes obtenues dans tout groupe. Il possède la plus grande force maximale développée et un angle d'envol parmi les plus importants enregistrés (voir Tableau récapitulatif n°3 et graphe n°1)

Du point de vue technique nous constatons qu'il possède le meilleur balancement et la meilleure élévation des bras vers l'arrière seulement il coordonne mal les mouvements des bras et jambes dans la plus part de ses essais. Pour améliorer sa détente, le joueur doit améliorer sa vitesse d'arrivée et sa vitesse d'envol.



**Graphe n°6: Graphe de la variation de la vitesse d'envol ( $V_y$ ) de la force (F) et de la puissance (P) en fonction du temps ( $t_2$ )**



**Graphe n° 7 : Graphe comparatif entre détente verticales mesurées et théoriques en fonction du temps (t2)**

De la figure n°2, nous constatons que les valeurs des détente verticales théoriques (dvt) sont toujours supérieures aux valeurs des détente verticales mesurées (dvm). Cela s'explique du fait que nous avons négligé la résistance de l'air, les forces de frottements et que nous avons supposé que le volleyeur attaquant se déplaçait, pour réaliser les deux premières phases du smash (élan et appel), suivant une ligne droite et non pas curviligne.

Ses valeurs des détente verticales théoriques (dvt) sont les valeurs que le volleyeur attaquant est supposé atteindre lors du saut.



**III.1.1.4 Analyse et interprétation des résultats du joueur Azzas Samir**



**Photogramme du 1<sup>er</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes du smash**

**Tableau N °15 : Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 1<sup>er</sup> essai de l'exécution du smash**

**Caractéristiques cinématiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'élan Jusqu'à la fin de l'appel</b>	<b>Distance horizontale (dh<sub>1</sub>) en (m)</b>	<b>2.91</b>
	<b>Temps (t<sub>1</sub>) en (s)</b>	<b>1.52</b>
	<b>Accélération (a) en (m<sup>2</sup>/s)</b>	<b>2.51</b>
	<b>Vitesse d'arrivée (V) en (m/s)</b>	<b>3.82</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Angle d'envol (<math>\alpha</math>) en (degré)</b>	<b>74</b>
	<b>Temps (t<sub>2</sub>) en (s)</b>	<b>0.68</b>
	<b>Vitesse d'envol (Vy) en (m/s)</b>	<b>3.67</b>
	<b>Détente verticale mesurée (dvm) en (m)</b>	<b>0.74</b>
	<b>Détente verticale théorique (dvt) en (m)</b>	<b>4.20</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'au Point de réception</b>	<b>Longueur du saut (L) en (m)</b>	<b>1.49</b>
	<b>Distance entre point de réception et ligne médiane (dc) en (m)</b>	<b>0.18</b>

**Caractéristiques dynamiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Force maximale (F) en (Newton)</b>	<b>41.70</b>
	<b>Puissance maximale (P) en (Watts)</b>	<b>153.44</b>

#### **III.1.1.4.1 Analyse et interprétation du 1<sup>er</sup> essai**

##### **III.1.1.4.1.1 Analyse :**

Le joueur a parcouru la distance horizontale ( $dh_1 = 2,91$  m) en un temps de ( $t_1 = 1,52$  s) avec une vitesse d'arrivée ( $V = 3,82$  m/s). Son angle d'envol à l'appui ( $\alpha = 74$  degrés) et sa détente verticale mesurée ( $dvm = 0,74$ m). La longueur de son saut ( $L = 1,49$ m) et la force maximale qu'il a développée ( $F = 41,70$  N). La distance entre le point de réception et la ligne médiane ( $dc = 0,18$ m) (voir tableau n°1 et graphe n°1)

D'après le photogramme nous constatons, un bon balancement avec une bonne élévation de ses bras vers l'arrière, une mauvaise coordination des mouvements de ses bras et de ses jambes, car ses bras accélèrent alors que la jambe gauche ne touche pas le sol. Il présente une bonne symétrie entre son pied d'appel et son pied controlatéral avec une bonne flexion des genoux (Voir photogramme 1<sup>er</sup> essai et kinogramme 1<sup>er</sup> essai (Annexe 3)).

##### **III.1.1.4.1.2 Interprétation**

La détente verticale obtenue est due, d'une part à un angle d'envol important, d'autre part à un bon balancement et une bonne élévation des bras malgré une mauvaise coordination des mouvements des bras et des jambes.



**Photogramme du 2e essai de l'exécution des trois premières étapes du smash**

**Tableau N °16 : Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 2<sup>ème</sup> essai de l'exécution du smash**

**Caractéristiques cinématiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'élan Jusqu'à la fin de l'appel</b>	<b>Distance horizontale (dh<sub>1</sub>) en (m)</b>	<b>2.97</b>
	<b>Temps (t<sub>1</sub>) en (s)</b>	<b>1.55</b>
	<b>Accélération (a) en (m<sup>2</sup>/s)</b>	<b>2.47</b>
	<b>Vitesse d'arrivée (V) en (m/s)</b>	<b>3.83</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Angle d'envol (<math>\alpha</math>) en (degré)</b>	<b>83</b>
	<b>Temps (t<sub>2</sub>) en (s)</b>	<b>0.75</b>
	<b>Vitesse d'envol (Vy) en (m/s)</b>	<b>3.80</b>
	<b>Détente verticale mesurée (dvm) en (m)</b>	<b>0.78</b>
	<b>Détente verticale théorique (dvt) en (m)</b>	<b>2.32</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'au Point de réception</b>	<b>Longueur du saut (L) en (m)</b>	<b>1.12</b>
	<b>Distance entre point de réception et ligne médiane (dc) en (m)</b>	<b>0.28</b>

**Caractéristiques dynamiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Force maximale (F) en (Newton)</b>	<b>38.81</b>
	<b>Puissance maximale (P) en (Watts)</b>	<b>147.54</b>

#### **III.1.1.4.2 Analyse et interprétation du 2<sup>ème</sup> essai**

##### **III.1.1.4.2.1 Analyse**

Le joueur a parcouru la distance ( $dh_1 = 2,97\text{m}$ ) en un temps ( $t_1 = 1,55\text{ s}$ ) avec une vitesse d'arrivée presque similaire au premier essai. L'angle d'envol est plus grand ( $\alpha = 83$  degrés) avec une vitesse d'envol. ( $V_y = 3,80\text{ m/s}$ ) et une détente verticale mesurée ( $d_{vm} = 0,75\text{m}$ ). La longueur de saut ( $L = 1,12\text{ m}$ ). La force maximale développée est faible ( $F = 38,81\text{ N}$ ). La distance entre le point de réception et la ligne médiane ( $d_c = 0,28\text{m}$ ) (voir tableau n°2 et graphe n°1)

D'après le photogramme, nous constatons qu'il possède un bon balancement et une bonne élévation des bras vers l'arrière, une mauvaise coordination des mouvements des bras et des jambes, une bonne symétrie entre pied d'appel et pied controlatéral avec une bonne flexion des genoux lors de l'impulsion (voir photogramme 2<sup>ème</sup> essai et kinogramme 2<sup>ème</sup> essai (Annexe 3)).

##### **III.1.1.4.2.2 Interprétation**

Le résultat obtenu concernant la détente verticale est le meilleur réalisé parmi tout le groupe expérimental. Cela est dû, à un grand angle d'envol, à une vitesse d'envol importante et à une longueur de saut meilleur que celle enregistrée lors du 1<sup>er</sup> essai



**Photogramme du 3<sup>ème</sup> essai de l'exécution des trois premières étapes du smash**

**Tableau N °17 : Caractéristiques cinématiques et dynamiques du 3<sup>ème</sup> essai de l'exécution du smash**

**Caractéristiques cinématiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'élan Jusqu'à la fin de l'appel</b>	<b>Distance horizontale (dh<sub>1</sub>) en (m)</b>	<b>2.96</b>
	<b>Temps (t1) en (s)</b>	<b>1.60</b>
	<b>Accélération (a) en (m<sup>2</sup>/s)</b>	<b>2.31</b>
	<b>Vitesse d'arrivée (V) en (m/s)</b>	<b>3.70</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Angle d'envol (<math>\alpha</math>) en (degré)</b>	<b>82</b>
	<b>Temps (t2) en (s)</b>	<b>0.78</b>
	<b>Vitesse d'envol (Vy) en (m/s)</b>	<b>3.66</b>
	<b>Détente verticale mesurée (dvm) en (m)</b>	<b>0.65</b>
	<b>Détente verticale théorique (dvt) en (m)</b>	<b>2.81</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'au Point de réception</b>	<b>Longueur du saut (L) en (m)</b>	<b>1.14</b>
	<b>Distance entre point de réception et ligne médiane (dc) en (m)</b>	<b>0.35</b>

**Caractéristiques dynamiques**

<b>P H A S E S</b>	<b>P A R A M E T R E S</b>	<b>V A L E U R S</b>
<b>Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin</b>	<b>Force maximale (F) en (Newton)</b>	<b>34.06</b>
	<b>Puissance maximale (P) en (Watts)</b>	<b>124.77</b>



### **III.1.1.4.3 Analyse et interprétation du 3<sup>ème</sup> essai**

#### **III.1.1.4.3.1 Analyse**

Le joueur a parcouru une distance horizontale ( $dh_1 = 2,96\text{m}$ ) en un temps ( $t_1 = 1,60\text{s}$ ) avec une vitesse d'arrivée ( $V = 3,70\text{ m/s}$ ), l'angle d'envol à l'appui ( $\alpha = 82\text{degré}$ ), la détente verticale mesurée ( $dvm = 0,78$ ) avec une longueur de saut ( $L = 1,14\text{ m}$ ). La force maximale ( $F = 34,06\text{ N}$ ) et la puissance maximale développées ( $P = 124,77\text{Watts}$ ) sont les plus faibles de tout le groupe expérimental. La distance entre le point de réception et la ligne médiane ( $dc = 0,35\text{m}$ ) (voir tableau n°3 et graphe n°1)

D'après le photogramme, nous constatons toujours un bon balancement et une bonne élévation des bras vers l'arrière, mais une mauvaise coordination des mouvements des bras et des jambes dues à une asynchronisation du mouvement de ces derniers. Il présente une bonne symétrie entre le pied d'appel et le pied controlatéral et une bonne flexion des genoux lors de l'impulsion (voir photogramme 3<sup>ème</sup> essai et kinogramme 3<sup>ème</sup> essai (Annexe 3)).

#### **III.1.1.4.3.2 Interprétation**

La détente verticale réalisée étant la meilleure de tout le groupe. Elle est due d'une part, à un grand angle d'envol, à une petite longueur de saut malgré une force maximale la plus faible enregistrée parmi le groupe. Ce résultat peut s'expliquer aussi par une mauvaise coordination des mouvements des bras et des jambes.

## III.1.1.4.4 Conclusion générale concernant les trois essais

**Tableau récapitulatif n° 18 : Résultats des différents paramètres cinématiques et dynamiques de l'exécution du smash des 3 essais**

**Caractéristiques cinématiques**

Phases	Paramètres	Valeurs		
		Essai 1	Essai 2	Essai 3
Du début de l'élan jusqu'à la fin de l'appel	Distance horizontale ( $dh_1$ ) en (m)	2.91	2.97	2.96
	Temps ( $t_1$ ) en (s)	1.52	1.55	1.60
	Accélération ( $a$ ) en ( $m^2/s$ )	2.51	2.47	2.31
	Vitesse d'arrivée ( $v$ ) en (m/s)	3.82	3.83	3.70
Du début l'impulsion jusqu'à sa fin	Angle d'envol ( ) en (degrés)	74	83	82
	Temps ( $t_2$ ) en (s)	0.68	0.75	0.78
	Vitesse d'envol ( $V_y$ ) en (m/s)	3.67	3.80	3.66
	Détente verticale mesurée ( $d_{vm}$ ) en (m)	0.74	0.78	0.65
	Détente verticale théorique ( $d_{vt}$ ) en (m)	4.20	2.32	2.81
Du début de l'impulsion jusqu'au point de réception	Longueur du saut ( $L$ ) en (m)	1.49	1.12	1.14
	Distance entre point de réception et ligne médiane ( $dc$ ) en (m)	0.18	0.28	0.35

**Caractéristiques dynamiques**

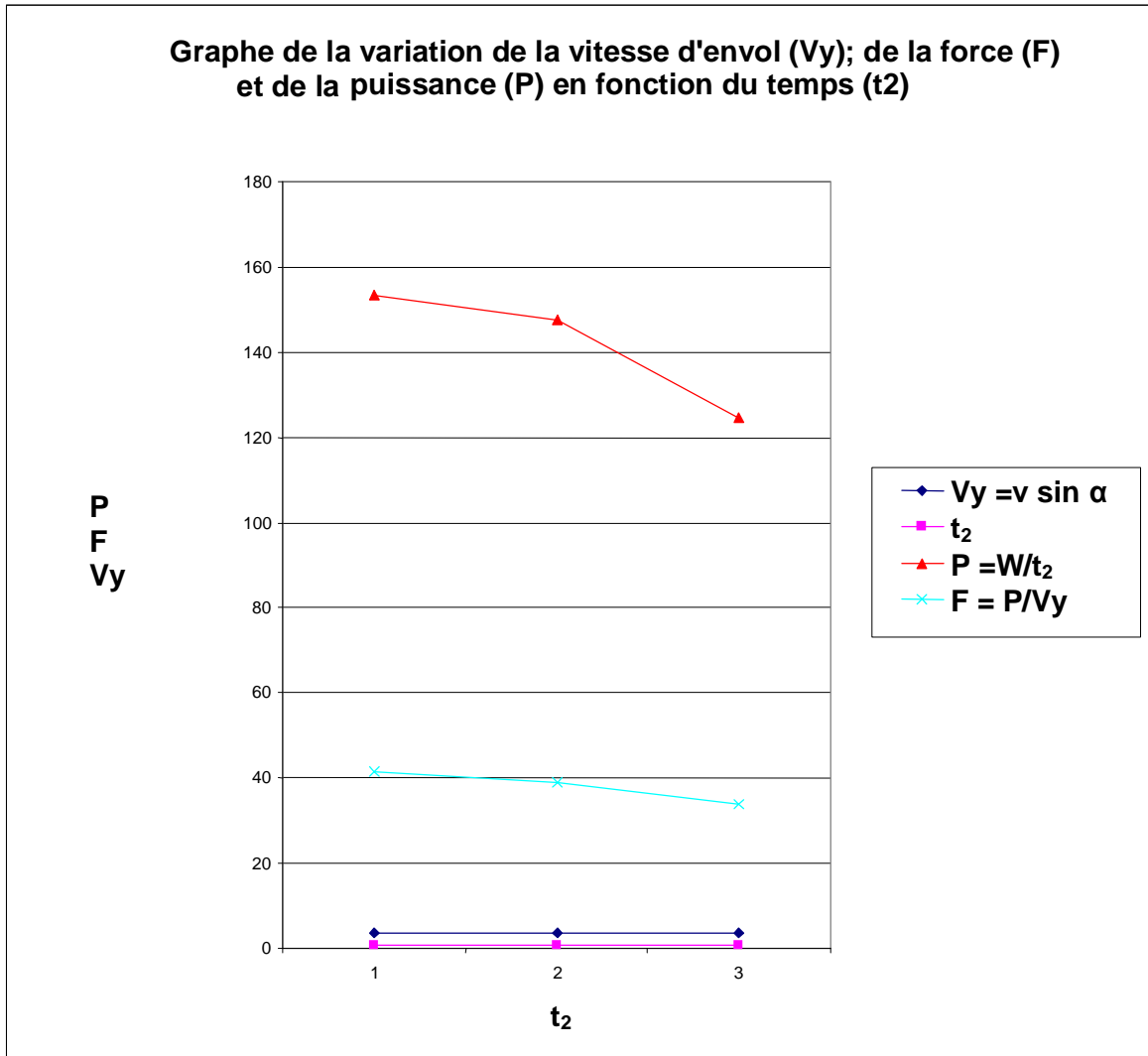
Phases	Paramètres	Valeurs		
		Essai 1	Essai 2	Essai 3
Du début l'impulsion jusqu'à sa fin	Force maximale ( $F$ ) en(Newton)	41.70	38.81	34.06
	Puissance maximale ( $P$ ) en (Watts)	153.44	147.54	124.77

(les résultats colorés en vert représentent les meilleures performances réalisées par le volleyeur attaquant lors des 3 essais)

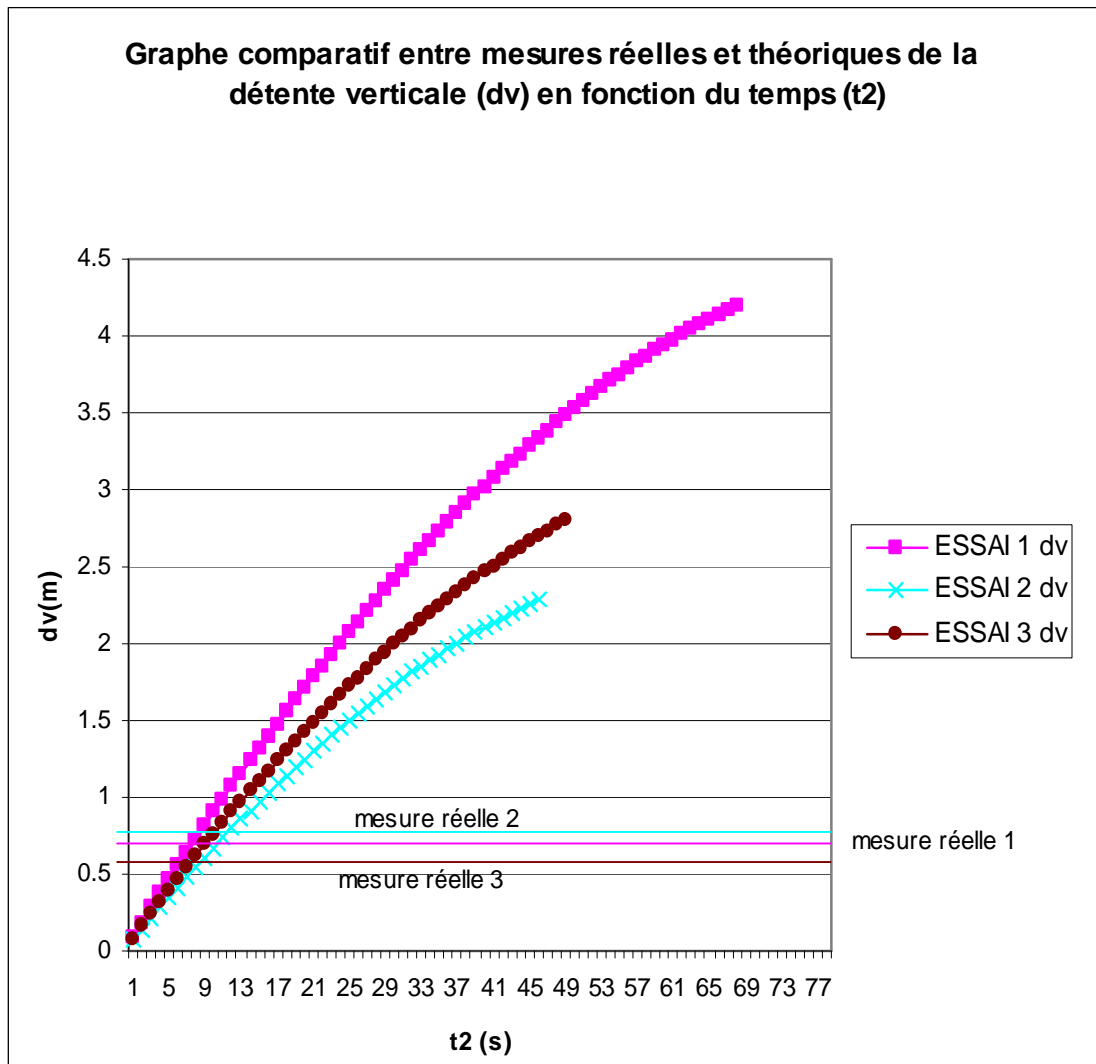
Il possède la meilleure détente de tout le groupe. Grâce a un grand angle d'envol et une longueur de saut très significative .Sa vitesse d'arrivée et sa vitesse d'envol sont moins importantes en le comparant au joueur NEZAR SKANDAR qui possède les meilleurs résultats .Sa force maximale développée est la moins importante parmi tous les joueurs du groupe expérimental (voir Tableau récapitulatif n° 3et graphe n° 1)

Du point de vue technique, il possède un bon balancement et une bonne élévation des bras vers l'arrière, mais il coordonne mal les mouvements des bras et des jambes.

Pour améliorer sa détente il doit améliorer sa vitesse d'arrivée, sa vitesse d'envol et surtout sa force maximale et sa puissance maximale.



**Graphe n°8 : Graphe de la variation de la vitesse d'envol ( $V_y$ ) de la force ( $F$ ) et de la puissance ( $P$ ) en fonction du temps ( $t_2$ )**



**Graphe n° 9 Graphe comparatif entre détente verticale mesurées et théoriques en fonction du temps (t2)**

De la figure n°2, nous constatons que les valeurs des détente verticales théoriques (dvt) sont toujours supérieures aux valeurs des détente verticales mesurées (dvm). Cela s'explique du fait que nous avons négligé la résistance de l'air, les forces de frottements et que nous avons supposé que le volleyeur attaquant se déplaçait, pour réaliser les deux premières phases du smash (élan et appel), suivant une ligne droite et non pas curviligne.

Ses valeurs des détente verticales théoriques (dvt) sont les valeurs que le volleyeur attaquant est supposé atteindre lors du saut.

### III.1.1.5 Analyse et interprétation des résultats du joueur GIBA :

Avant l'analyse et l'interprétation des résultats enregistrés par le joueur de référence, il est à noter que la mesure de la distance horizontale ( $dh_1$ ) et la prise des deux temps ( $t_1$ ) et ( $t_2$ ) ont été pris à partir de la séquence vidéo (Giba's attack)

La mesure de la distance horizontale ( $dh_1$ ) a été prise à l'aide de l'échelle réduite, les temps ( $t_1$ ) et ( $t_2$ ) ont été pris en chronométrant le parcours de la distance horizontale ( $dh_1$ ) et la détente verticale mesurée ( $dvm$ )

**Tableau N° 19 : Caractéristiques cinématiques et dynamiques de l'essai de l'exécution du smash**

#### Caractéristiques cinématiques

PHASES	PARAMETRES	VALEURS
Du début de l'élan Jusqu'à la fin de l'appel	Distance horizontale ( $dh_1$ ) en (m)	3.59
	Temps ( $t_1$ ) en (s)	0.91
	Accélération (a) en ( $m^2/s$ )	8.67
	Vitesse d'arrivée (V) en (m/s)	7.89
Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin	Angle d'envol ( $\alpha$ ) en (degré)	84
	Temps ( $t_2$ ) en (s)	0.40
	Vitesse d'envol ( $V_y$ ) en (m/s)	7.81
	Détente verticale mesurée ( $dvm$ ) en (m)	1.31
	Détente verticale théorique ( $dvt$ ) en (m)	2.32
Du début de l'impulsion jusqu'au Point de réception	Longueur du saut (L) en (m)	1.38
	Distance entre point de réception et ligne médiane ( $dc$ ) en (m)	0.43

#### Caractéristiques dynamiques

PHASES	PARAMETRES	VALEURS
Du début de l'impulsion jusqu'à sa fin	Force maximale (F) en (Newton)	120.35
	Puissance maximale (P) en (Watts)	943.88

### **III.1.1.5.1 Analyse et interprétation de l'essai**

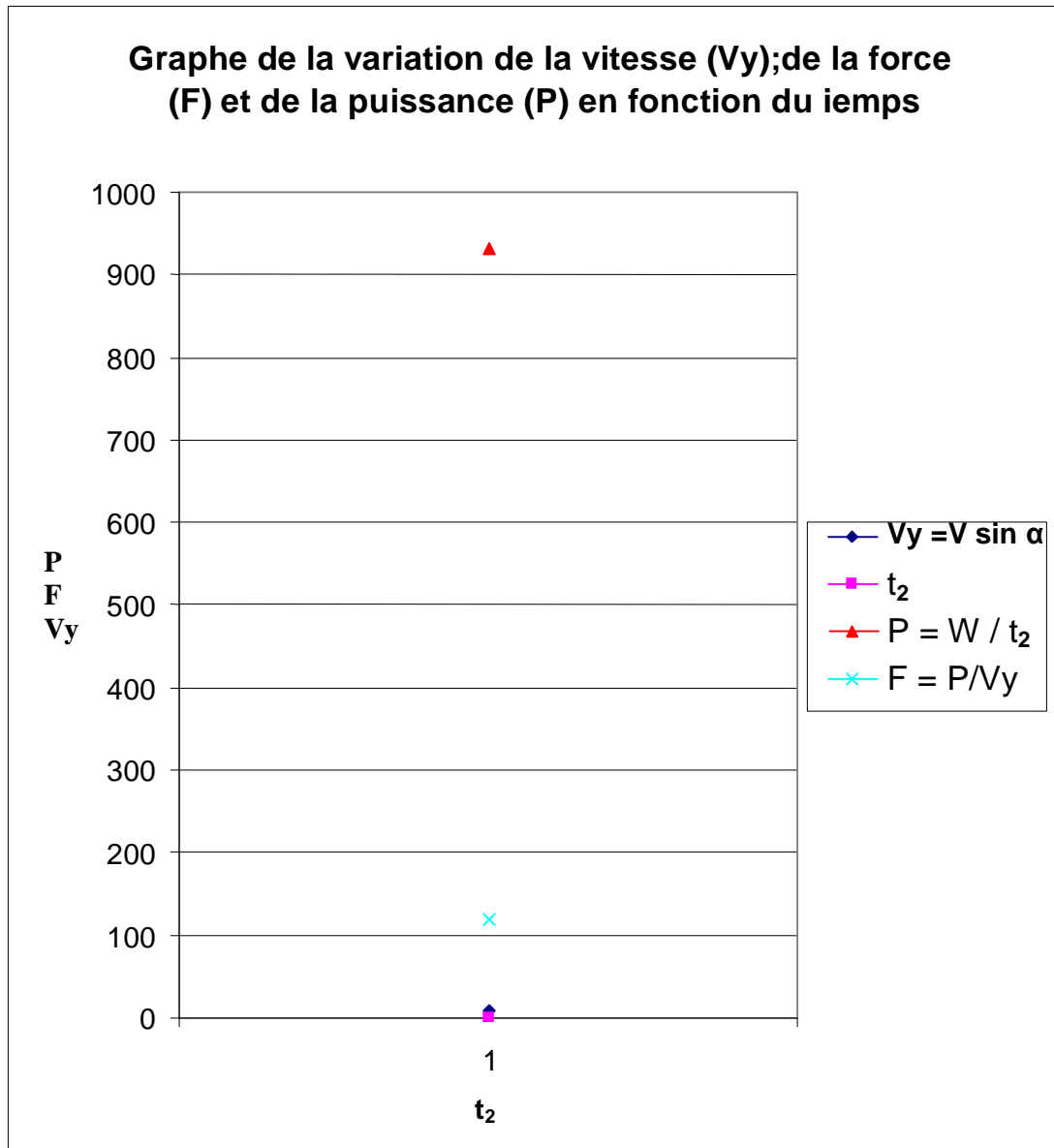
#### **III.1.1.5.1.1 Analyse**

Il a parcouru la distance horizontale ( $dh_1=3,59m$ ) en un temps ( $t_1=0,91s$ ) avec une vitesse d'arrivée ( $V=7,89m/s$ ). Son angle d'envol ( $\alpha =85$  degrés), sa vitesse d'envol ( $Vy=7,81m/s$ ), sa détente verticale mesurée ( $dvm=1,31m$ ) et la longueur de saut ( $L=1,38m$ ), la force maximale développée ( $F=120,38N$ ) et la puissance maximale développée ( $P=943,88$  Watts). La distance entre le point de réception et la ligne médiane ( $dc= 0.35m$ ) (Voir tableau n°1 et graphe n°1)

Du point de vue technique, nous constatons un bon balancement et une bonne élévation des bras vers l'arrière avec une très bonne coordination entre les mouvements des bras et jambes. Ce qui permet d'avoir une accélération importante des bras et des jambes. Présente une bonne symétrie entre pied d'appel et pied controlatéral avec une très bonne flexion des genoux lors de l'impulsion. (Voir kinogramme de l'essai (Annexe 3)).

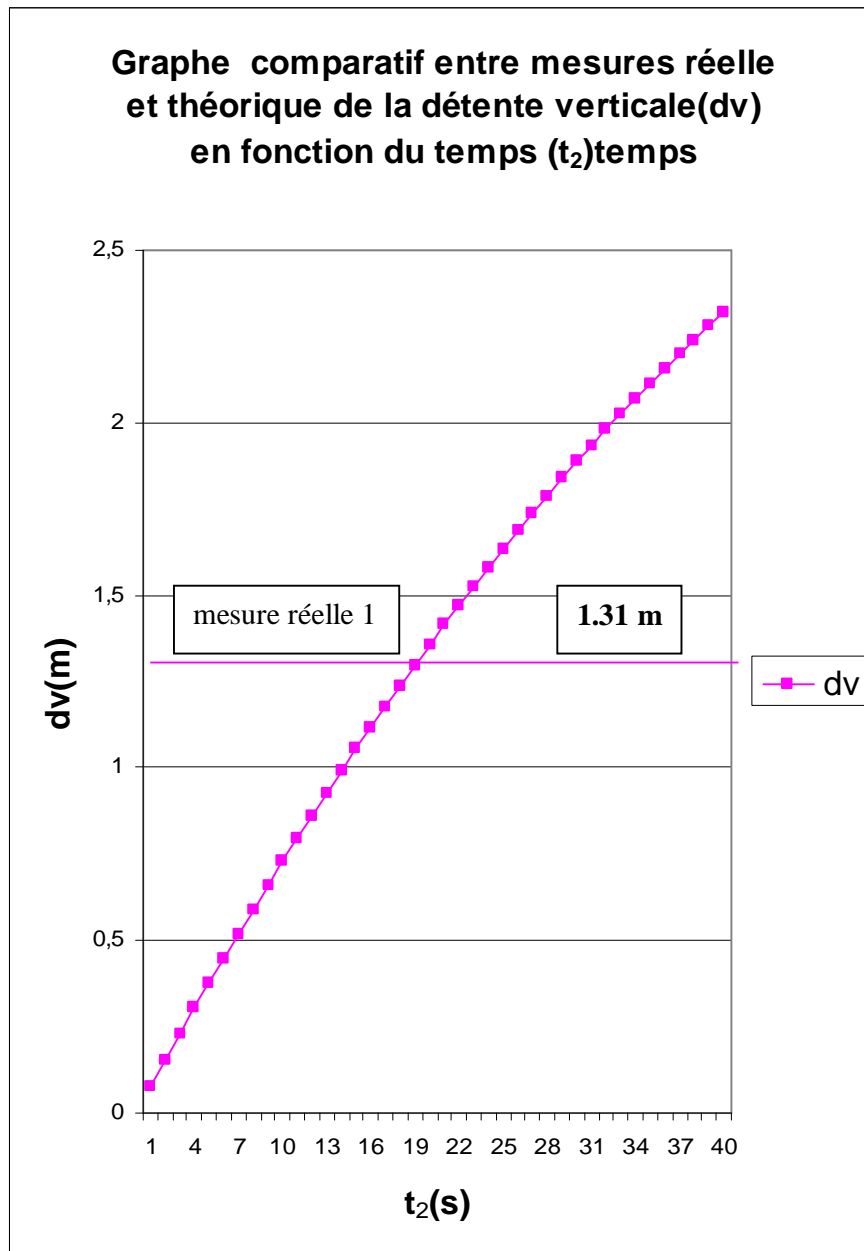
#### **III.1.1.5.1.2 Interprétation**

Il possède une très bonne détente grâce à une vitesse d'arrivée et une vitesse d'envol nettement supérieure parmi tout le groupe expérimental. Une longueur de saut qui se rapproche de sa détente verticale ce qui explique la performance réalisée. Son angle d'envol est grand et il développe une force maximale et une puissance maximale qui dépassent nettement les forces et les puissances développées par tout le groupe expérimental.



**Graphe n° 10 : Graphe de la variation de la vitesse d'envol ( $V_y$ ) de la force (F) et de la puissance (P) en fonction du temps ( $t_2$ )**





**Graphe n°11 : Graphe comparatif entre détente verticales mesurées et théoriques en fonction du temps (t<sub>2</sub>)**

De la figure n°2, nous constatons que la valeur de la détente verticale théorique (dvt) est toujours supérieure à la valeur de la détente verticale mesurée (dvm). Cela s'explique du fait que nous avons négligé la résistance de l'air, les forces de frottements et que nous avons supposé que le volleyeur attaquant se déplaçait, pour réaliser les deux premières phases du smash (élan et appel), suivant une ligne droite et non pas curviligne.

Cette valeur de la détente verticale théorique (dvt) est la valeur que le volleyeur attaquant est supposé atteindre lors du saut.

### **III.1.1.6 Mise en correspondance des résultats du groupe expérimental avec les résultats du joueur de référence (Giba)**

Du point de vue technique, nous remarquons une grande différence dans l'exécution du smash entre les joueurs du groupe expérimental et le joueur de référence (Giba). La coordination des mouvements des bras et des jambes à travers la synchronisation des mouvements de ces derniers le confirment

Du point de vue physique, nous remarquons, à travers les caractéristiques cinématiques et dynamiques, une très grande différence :

- Ø La meilleure vitesse d'arrivée du groupe expérimental (Nazar Skander) atteinte est égale à (5.30m/s), alors que celle de (Giba) est égale à (7.89 m/s)
- Ø La meilleure vitesse d'envol du groupe expérimental (Nezar Skander) est égale à (4.67 m/s), alors que celle de (Giba) est égale à (7.84 m/s)
- Ø La meilleure force développée du groupe expérimentale (Nahal Fouzi) est égale à (49.93 N), alors que celle développée par (Giba) est de l'ordre de (120.35 N)
- Ø La somme des puissances développées par l'ensemble du groupe expérimental, égale à (690 Watts) , représente presque les 2/3 de la puissance développée par (Giba), qui est de l'ordre de (943.88 Watts).
- Ø Mis à part le joueur du groupe expérimental (Azzas) dont l'angle d'envol à atteint (84degre), les autres joueurs n'ont pas atteint celui de Giba (85 degrés).
- Ø La détente verticale enregistrée par le meilleur joueur du groupe expérimental (Azzas) (0.78 m), représente presque la moitié de celle de Giba (1.31 m)

Toutes ces performances ne peuvent être dues qu'à un entraînement spécifique du volleyeur attaquant, visant à développer toutes ces qualités physiques et surtout la force – vitesse (puissance) qui représente la qualité principale lors de l'exécution du saut vertical..

**Tableau récapitulatif n° 20 : Résultats des meilleures valeurs des caractéristiques cinématiques et dynamiques de l'échantillon d'étude**

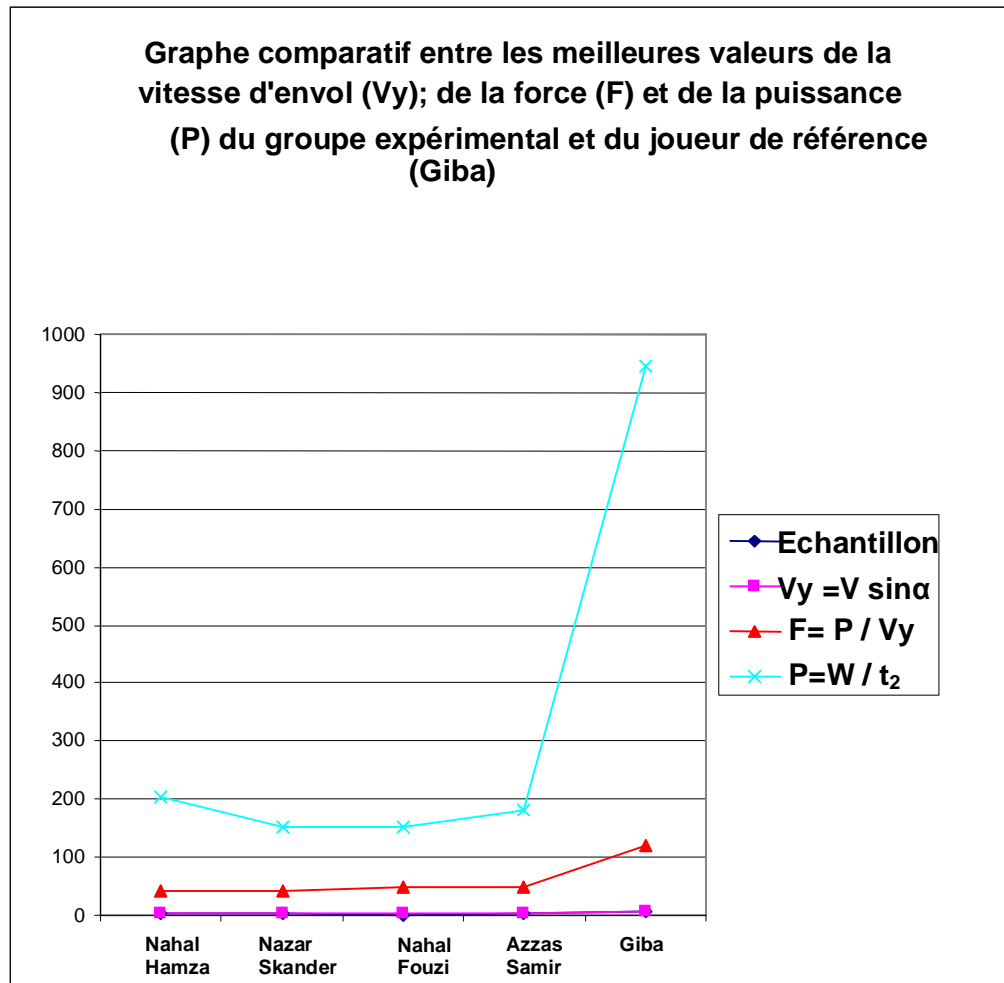
Non et prénom de l'échantillon	Nahal Fouzi	Nazar Skander	Nahal Hamza	Azzas Samir	Giba
Age (ans)	37	18	18	24	30
Taille (cm)	192	180	192	184	194
Poids (kg)	94	70	77	73	85

**Caractéristiques cinématiques**

PHASES	PARAMETRES	V A L E U R S				
Début de l'élan Jusqu'à La fin de l'appel	Vitesse d'arrivée (V) en (m/s)	3.42	5.30	5.25	3.83	7.89
Du début de l'impulsion Jusqu'à la fin De l'armement Du bras	Angle d'envol ( $\alpha$ ) en (degré)	75	65	62	83	85
	Vitesse d'envol (Vy) en (m/s)	3.25	4.67	4.24	3.80	7.84
	Détente verticale mesurée (dvm) en (m)	0.45	0.72	0.76	0.78	1.31

**Caractéristiques dynamiques**

PHASES	PARAMETRES	V A L E U R S				
Du début de l'impulsion Jusqu'à la fin de l'armement du bras	Force maximale (F) en (Newton)	49.93	43.56	48.35	41.70	120.35
	Puissance maximale (P) en (Watts)	151.05	203.68	181.88	153.44	943.88



**Graphe n°12 : Graphe comparatif des meilleures valeurs de la vitesse d'envol ( $V_y$ ), de la force ( $F$ ) et de la puissance ( $P$ ) entre le groupe expérimental et le joueur de référence (Giba)**

De ces résultats, à partir de l'échantillon de référence (Giba), nous avons déduit qu'il existe trois (3) critères discriminants qui expliquent les performances réalisées par le groupe expérimental :

1. L'angle d'envol : car plus l'angle d'envol est grand moins est la longueur du saut et plus grande est la détente verticale.
2. La coordination des mouvements des bras et des jambes : la synchronisation des mouvements des bras et jambes donne par conséquent une bonne accélération aux bras et/ou aux jambes
3. La puissance maximale développée permet l'augmentation de la détente verticale

### III.1.2 Analyse et interprétation des résultats du questionnaire destiné aux entraîneurs

#### III.1.2.1 Question n° 1 :

Que représente pour vous la biomécanique du sport ?

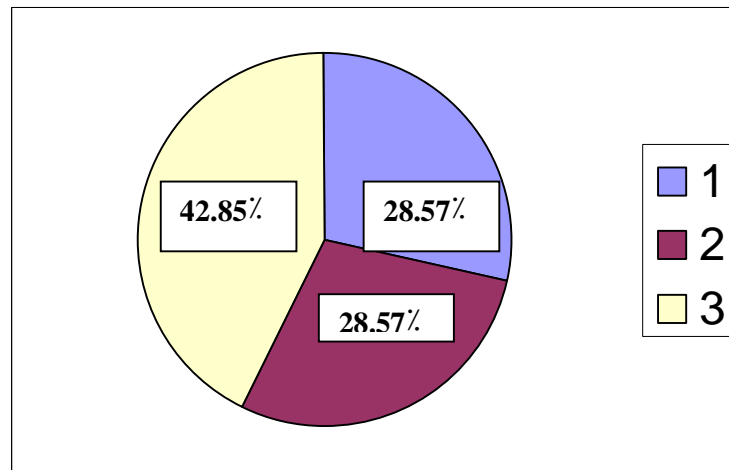


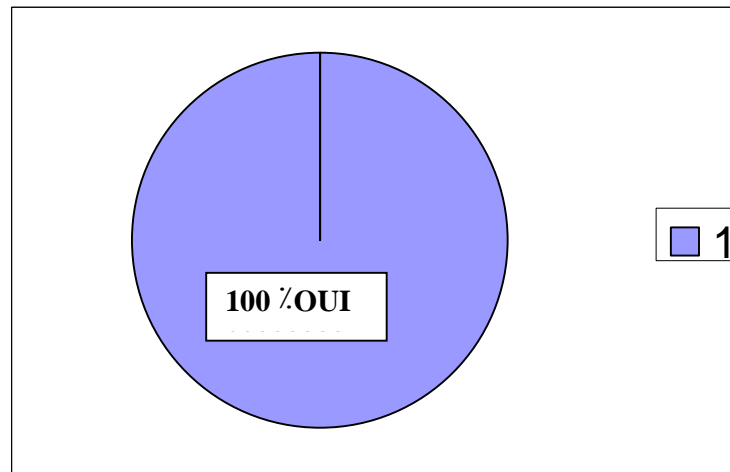
Figure n° 15 : Résultats de l'analyse de la question n° 1

##### III.1.2.1.1 Analyse

- 1- 28.57% pensent que la biomécanique du sport est un outil d'analyse pour orienter, contrôler et améliorer les gestes techniques
- 2- 28.57% pensent que la biomécanique du sport étudie les mouvements du sportif
- 3- 42.85% pensent que la biomécanique du sport est un moyen de correction des gestes techniques

##### III.1.2.1.2 Interprétation

D'une façon générale les entraîneurs connaissent les objectifs de la biomécanique du sport mais oublient qu'avant tout c'est une science dont l'utilisation est primordiale pour la maîtrise technique et le développement physique.

**III.1.2.2 Question n° 2 :****Pensez-vous que la biomécanique du sport a un impact sur le processus d'entraînement ?****Oui****Non****Figure n° 16 : Résultats de l'analyse de la question n° 2****III.1.2.2.1 Analyse**

1- 100% oui

**III.1.2.2.2 Interprétation**

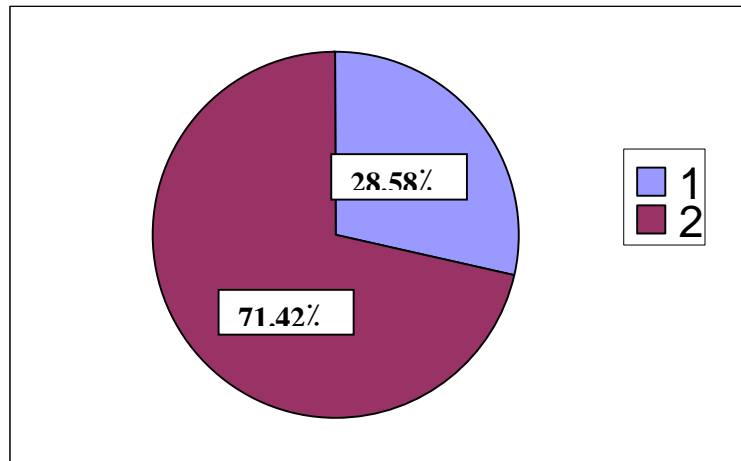
Tous les entraîneurs sont unanimes en ce qui concerne l'impact de la biomécanique dans le processus de l'entraînement. Cela s'explique par les réponses données à la première question, à savoir que la biomécanique permet d'analyser, de contrôler, d'orienter, de corriger et d'améliorer les gestes techniques.

**III.1.2.3 Question n° 3 :**

**Utilisez-vous la biomécanique du sport au niveau de l'entraînement de vos joueurs ?**

Oui       Non

**Si oui, comment ?**



**Figure n° 17 : Résultats de l'analyse de la question n° 3**

**III.1.2.3.1 Analyse :**

- 1- 28.58% utilisent la biomécanique du sport au niveau de l'entraînement de leurs joueurs
- 2- 71.42% n'utilisent pas la biomécanique du sport au niveau de l'entraînement de leurs joueurs

**III.1.2.3.2 Interprétation :**

Malgré l'impact de la biomécanique du sport sur le processus de l'entraînement, la plupart des entraîneurs la marginalise. Ceux qui l'utilisent la considère comme une méthode analytique qui permet de corriger les gestes techniques en fonction des angles et amplitudes des mouvements seulement.



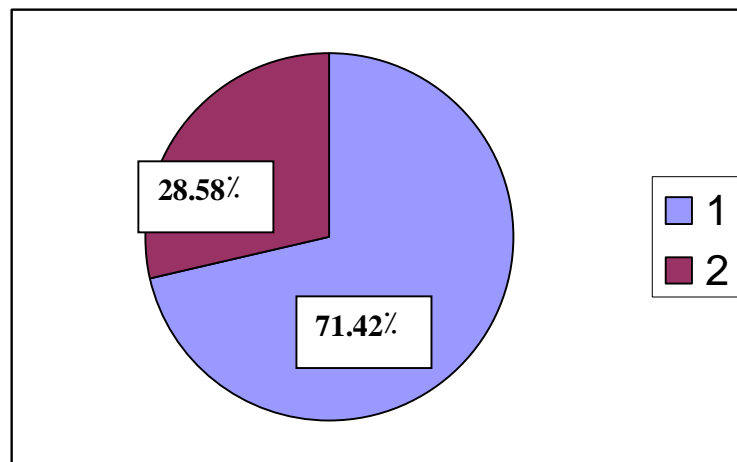
**III.1.2.4 Question n° 4 :**

**Peut on considérer la biomécanique du sport comme un moyen de contrôle de l'entraînement ?**

Oui

Non

**Si oui, comment ?**



**Figure n° 18 : Résultats de l'analyse de la question n° 4**

**III.1.2.4.1 Analyse :**

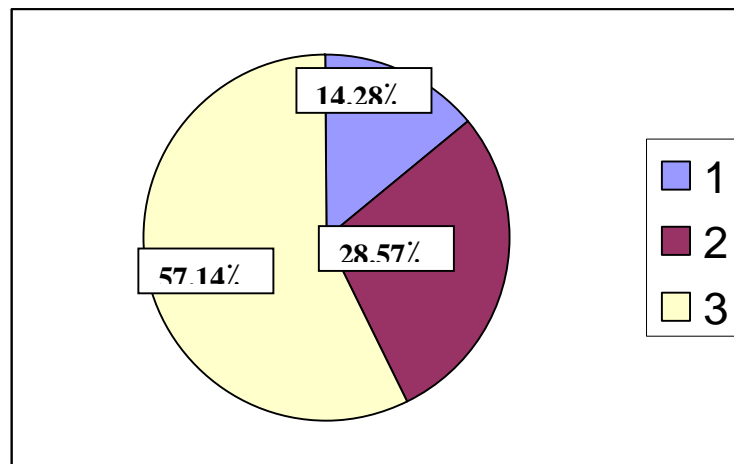
- 1- 71.42% des entraîneurs considère la biomécanique du sport comme un moyen de contrôle de l'entraînement
- 2- 28.58% des entraîneurs ne la considère pas la biomécanique du sport comme un moyen de contrôle de l'entraînement

**III.1.2.4.2 Interprétation :**

La plupart des entraîneurs qui considèrent la biomécanique du sport comme un moyen de contrôle de l'entraînement, utilisent la vidéo comme support pour corriger les gestes techniques d'après leurs réponses. Seulement la vérité en est autrement, car l'observation pédagogique et l'entretien fermé fait auprès de certains joueurs révèlent le contraire.

**III.1.2.5 Question n° 5 :**

**Citez les paramètres biomécaniques (cinématiques et dynamiques) que vous utilisez pour contrôler la préparation physique du volleyeur attaquant ?**



**Figure n° 19 : Résultats de l'analyse de la question n° 5**

**III.1.2.5.1 Analyse :**

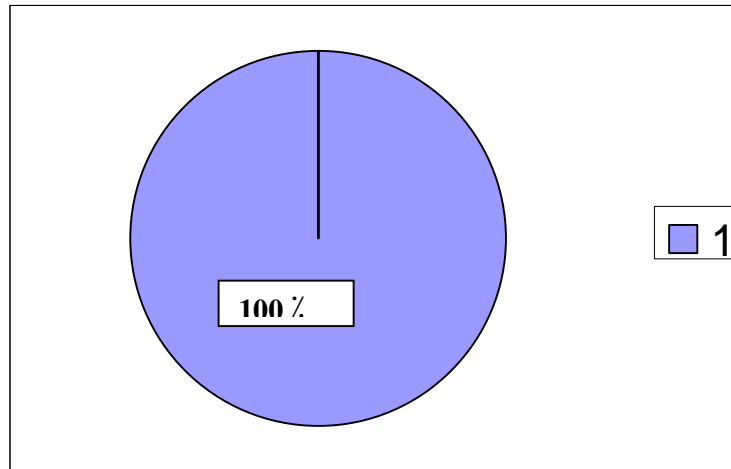
- 1- 14.28% ont répondu : taille, vitesse et détente
- 2- 28.57% ont répondu : différentes phases d'exécution du smash
- 3- 57.14% n'ont donné aucune réponse

**III.1.2.5.2 Interprétation :**

De ses différentes réponses nous constatons que presque l'ensemble des entraîneurs n'ont aucune notion concernant les paramètres biomécaniques (cinématiques ou dynamiques) ; qui leur permet de contrôler la préparation physique du volleyeur attaquant, ce qui explique l'inutilisation de la biomécanique du sport au niveau de l'entraînement pour la plupart d'entre eux.

**III.1.2.6 Question n° 6 :**

**Citez les différentes qualités physiques spécifiques du volleyeur attaquant ?**



**Figure n° 20 : Résultats de l'analyse de la question n° 6**

**III.1.2.6.1 Analyse :**

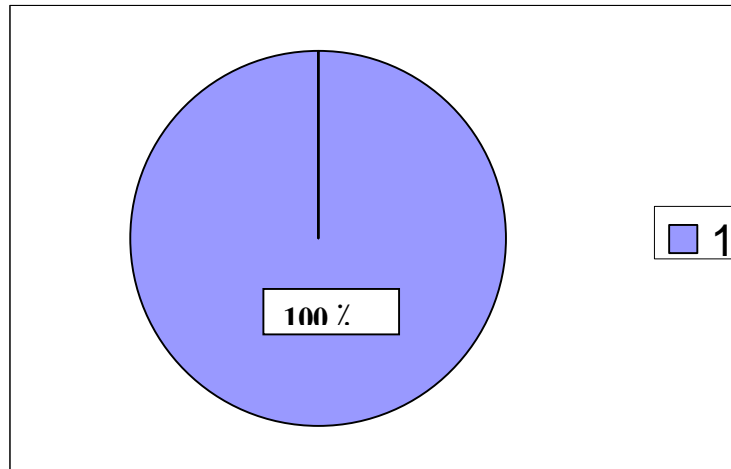
1- 100% des entraîneurs ont répondu : force, vitesse, force vitesse et endurance saut

**III.1.2.6.2 Interprétation :**

L'ensemble des entraîneurs connaît certaines qualités physiques à développer chez le volleyeur attaquant en négligeant d'autres, comme la souplesse (qualité musculaire) qui est primordiale car elle permet de développer l'élasticité musculaire et les qualités organiques et motrices. Ce qui montre que les entraîneurs négligent au niveau de la préparation physique du volleyeur attaquant certaines qualités de base qu'il faut développer.

**III.1.2.7 Question n° 7 :**

**Quelle est la qualité physique primordiale à développer lors de la détente verticale chez le volleyeur attaquant ?**



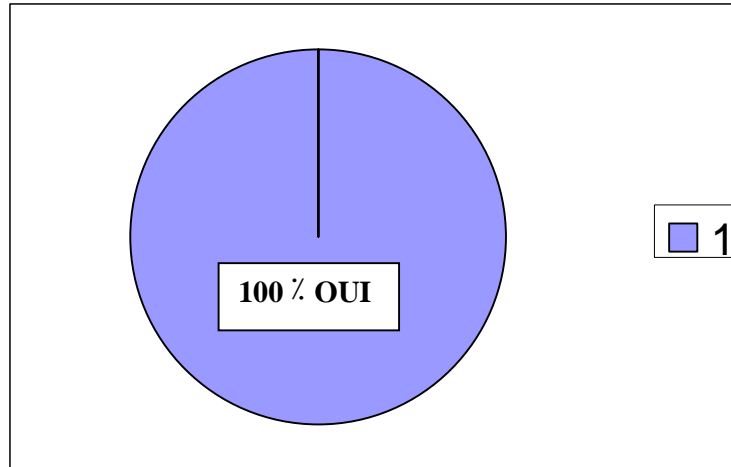
**Figure n° 21 : Résultats de l'analyse de la question n° 7**

**III.1.2.7.1 Analyse :**

1- 100% des entraîneurs ont répondu : la force- vitesse

**III.1.2.7.2 Interprétation :**

D'après leurs réponses, les entraîneurs accordent une grande importance à cette qualité physique, qui représente la puissance que développe le volleyeur attaquant pour effectuer une détente verticale.

**III.1.2.8 Question n° 8 :****Consacrez-vous des séances de musculation pour vos joueurs ?****Oui****Non****Figure n° 22 : Résultats de l'analyse de la question n° 8****III.1.2.8.1 Analyse :**

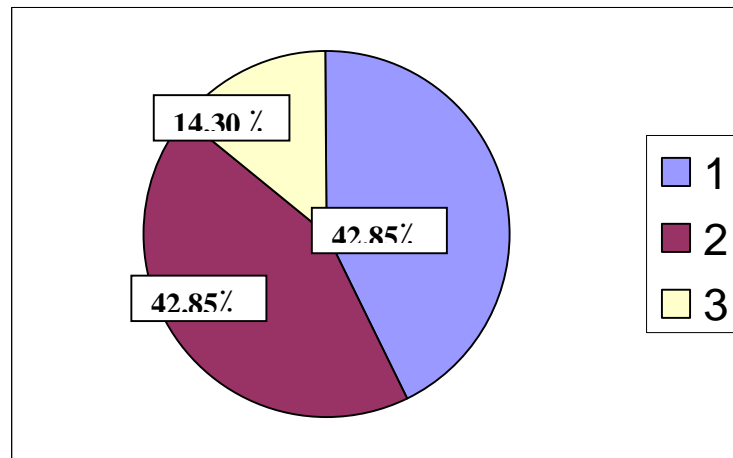
1- 100% des entraîneurs consacrent des séances de musculation pour leurs joueurs

**III.1.2.8.2 Interprétation :**

Selon leurs réponses, les entraîneurs accordent de l'importance à la musculation. Mais en réalité sur le terrain, à partir de l'entretien fermé mené auprès de certains joueurs, il s'est avéré que très peu d'entraîneurs consacrent des séances de musculation, sans utilisation d'exercices spécifiques pour développer les qualités physiques en fonction de la spécificité du poste occupé par chaque joueur en compétition .,

**III.1.2.9 Question n° 9 :**

**Quels types d'exercices de musculation utilisez-vous pour améliorer la détente verticale chez le volleyeur attaquant ?**



**Figure n° 23 : Résultats de l'analyse de la question n° 9**

**III.1.2.9.1 Analyse :**

1- 42,85% des entraîneurs utilisent les exercices de musculation de types pliométriques pour développer la détente verticale du volleyeur attaquant

2- 42,85% des entraîneurs utilisent des exercices de musculation de types squat

3- 14,30% des entraîneurs utilisent des exercices de musculation de types demi- squat

**III.1.2.9.2 Interprétation :**

De ses réponses, nous constatons qu'un grand nombre d'entraîneurs ne font pas la distinction où n'utilisent pas les différents types d'exercices qui permettent de développer la détente verticale chez le volleyeur attaquant. Sachant bien que les exercices de types pliométriques sont les plus recommandés, mais un grand nombre d'entre eux n'utilisent que les exercices de squat ou demi squat.

En conclusion, nous pouvons dire concernant le questionnaire distribué aux entraîneurs qu'il n'existe pas encore cette culture sportive auprès de ces derniers concernant l'aide du chercheur dans sa recherche. De 17 questionnaires distribués nous n'avons pu rassembler que 8 seulement.

### **III.1.3 Analyse et interprétation de l'observation**

L'observation de certaines séances d'entraînement au niveau de certains clubs nous a informée sur la réalité amère de l'entraînement en général et de l'entraînement du volleyeur attaquant spécifiquement. Car entre ce qui se dit et ce qui se fait il y a une grande différence.

Nous avons remarqué d'une manière générale qu'il n'y avait pas d'entraînement spécifique des joueurs en fonction des postes qu'ils occupent au niveau de leur équipe, ni du point de vue technique, ni du point de vue physique sauf pour certains entraîneurs et ils ne sont pas nombreux.

La biomécanique est complètement marginalisée dans l'entraînement. Il n'y a ni utilisations des paramètres biomécaniques ; ni contrôle de la condition physique à partir des tests d'évaluation sur le terrain, ni utilisation de moyens audio-visuels ou autres pour la correction des gestes techniques.

### **III.1.4 Analyse et interprétation de l'entretien fermé**

L'entretien fermé réalisé auprès de certains joueurs nous a confirmé tous les dires concernant l'observation que nous avons menée. A savoir que les entraînements auxquels ils participent sont ne répondent pas aux exigences de haut niveau. Les joueurs ne sentent pas de progression, qu'elle soit dans le domaine du perfectionnement technique ou dans le développement physique.

D'après leurs dires, il n'y a pas de travail spécifique concernant le développement des qualités physiques, les séances de musculation ne figurent même pas dans leur préparation physique.

Les performances réalisées par le groupe expérimental le prouvent.

## Résumé du mémoire

Cette étude a été réalisée afin de déterminer comment et pourquoi un volleyeur attaquant sautait plus qu'un autre. Pour cela nous avons choisi un échantillon d'étude regroupant un groupe expérimental et un échantillon de référence de volleyeurs attaquants et nous avons étudié leurs mouvements lors de l'exécution du geste technique du smash.

Nous avons déterminé et calculé pour chaque joueur un certain nombre de paramètres cinématique et dynamique. Les paramètres cinématiques ont été calculés à partir de l'analyse des séquences vidéo (c'est-à-dire des images de saut) et des mesures prises au cours de l'expérimentation. Les paramètres dynamiques ont été calculés en utilisant des équations physiques.

À partir de ces mesures et des calculs de paramètres qui régissent les mouvements, nous avons défini l'importance des différents mouvements des membres du corps en vue d'apporter des renseignements concernant les défaillances ou les performances réalisées par l'échantillon d'étude et en vue d'améliorer ces derniers.

En conclusion, nous avons développé l'intérêt d'une telle étude et émis des perspectives en vue d'autres investigations utilisant des outils plus adéquats et plus pertinents.

Mots clés : Biomécanique ; Paramètres cinématiques et dynamiques, volleyeur attaquant, smash

## Summary of memory

This study was conducted to determine how and why a spiker jumped more than another. For this we selected a sample of combining study: an experimental group and a reference sample of volleyball player's attackers and we studied their movements during the performance of the technical smash.

We have determined and calculated for each player a number of kinematics and dynamics parameters. The kinematics parameters were calculated from sequences video analysis (ie images jump) and the measures taken during the experimentation. The dynamics parameters were calculated using the physical equations

From these measurements and calculations of parameters that govern the movement, we have identified the importance of the different movements of the body in order to provide information about failures or performances realized by the study samples and with a view to improving them. In conclusion, we have developed the interest of such a study and issued prospects for further investigations using tools more suitable and relevant.

Keywords: Biomechanics; kinematic and dynamic parameters, volleyeur attacker, smash

ملخص المذكرة

أجريت هذه الدراسة لتحديد كيف ولماذا يرتقي لاعب كرة الطائرة المهاجم أعلى من آخر. ولذلك اخترنا عينة الدراسة التي تشمل مجموعة تجريبية وعينه مرجعية للاعب كرة الطائرة المهاجم حيث تم دراسة حركاتهم من خلال أداء تقنية السحق.

تم تحديد وحساب عدد من المعالم الحركية والديناميكية لكل لاعب. حساب المعالم الحركية كان انطلاقاً من تحليل لقطات من أشطره الفيديو (أي صور القفز) وقياسات أخذت أثناء تطبيق الاختبار. المعالم الديناميكية تم حسابها باستخدام المعادلات الفيزيائية.

انطلاقاً من هذه القياسات والحسابات التي تسير الحركة، حددنا أهمية الحركات المختلفة لأطراف الجسم من أجل توفير المعلومات عن الإخفاقات أو الأداء الجيد لعينه الدراسة وذلك لتحسين الأداء في الختام، وضحنا أهمية هذه الدراسة ووضعنا أبعاد أخرى لإجراء المزيد من الدراسات باستخدام أدوات أكثر ملائمة وذات صلة

الكلمات المفتاحية: بيوميكانيك, المعالم الحركية والديناميكية, لاعب كرة الطائرة المهاجم, السحق



**REFERENCES**

**BIBLIOGRAPHIQUES**

# Références Bibliographiques

- [1] Claude Hertogh.” Biomécanique – Éléments de mécanique humaine”,  
<http://www.google.ch.calamar.univ-ag.fr/uag/staps/cours/anat/biom>, 2004
- [2] James G. Hay, « Biomécanique des techniques sportives », Editions Vigot Paris,  
France, 1980.
- [3] B Knap, Skill in sport : « The attainment of proficiency » 1966, p. 28 Traduit  
en français : Editions Vigot – Sport et motricité – Collection « sport et  
enseignement».
- [4] Claude HERTOIGH, « Biomécanique – Eléments de mécanique humaine,  
introduction – objectifs de la biomécanique ». <http://www.google.ch.calamar.univ-ag.fr/uag/staps/cours/anat/biom>, 2004
- [5] [http://www.edu.govce/frpub/ped/epes/huitieme/annexe\\_10.doc](http://www.edu.govce/frpub/ped/epes/huitieme/annexe_10.doc), ^310-311« Les  
principes de la biomécanique »
- [6] R. Lepers, A. Martin: « Biomécanique », Ellipes Edition S.A., 2007
- [7] <http://www.google.ch.Fr.wikipedia.org/wiki/biomécanique>, “Definition de la  
biomécanique”
- [8] <http://www.volley-zone.com/cours.php> : « Conseils techniques », page.13
- [9] <http://www.google.ch> : « Volley-ball Québec – PDE 05-09 – Annexe 2 »
- [10] Marc Verchere : Débordement : élaboration d’un processus de formation,  
Fédération Suisse de hand-ball, 2004
- [11] Weineck. J. : « Manuel d’entraînement », collection sport et enseignement,  
Edition Vigot, 1997

- [12] Egger J.P.” La vitesse aux quatre vents”, Mobile 01-200
- [13] [www.volley-zone.com/coach\\_cat.php?cat](http://www.volley-zone.com/coach_cat.php?cat), “Coaching,exercices et entrainement “
- [14] Cometti G., « La pliométrie », UFR STAPS, université de Bourgogne Dijon, (1987)
- [15] Cometti G « Les méthodes de développement de la force»:, Centre d’Expertise de la performance DIJON ,[http/www.google.ch](http://www.google.ch)
- [16] Bosco.C, “L’effetto del pre-stiramento sul comportamento del muscolo scheletico considerazioni fisiologicha sullo forza explosive”, In atlticastudi-jan-fev-7-117, traduction insep n°644, 1985
- [17] Emmanuel.Nourry, Julien Morlier et Mariano Cid « Analyse de la détente verticale au volley-ball » (Résultats et conclusion), Laboratoire mécanique physique Université Bordeaux 1- CNRS, 1998
- [18] [http/www.wikipedia.org/wiki/Giba](http://www.wikipedia.org/wiki/Giba), , «Giba-wikipedia »

# ANNEXES

# ANNEXE I

# RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

UNIVERSITÉ MENTOURI CONSTANTINE  
FACULTÉ DES SCIENCES HUMAINES ET SOCIALES  
DEPARTEMENT DE L'ÉDUCATION PHYSIQUE ET SPORTIVE  
ANNE UNIVERSITAIRE : 2006/ 2007

ÉLABORE PAR L'ÉTUDIANT  
BOUHEDJA TOUFIK  
SOUS LA DIRECTION DE  
L'ENCADREUR  
Dr BOUKEBAB SALIM

## QUESTIONNAIRE

Prière aux aimables entraîneurs de répondre aux questions qui seront utilisées comme renseignements importants dans le cadre du thème de recherche dont l'intitulé est :

### APPROCHE BIOMÉCANIQUE POUR UNE MEILLEURE ORIENTATION TECHNIQUE DU VOLLEYEUR ATTAQUANT LORS DE L'ÉPREUVE COMPÉTITIVE

#### QUESTIONS :

1 – Que représente pour vous la biomécanique du sport ?

.....  
.....

2 – Pensez-vous que la biomécanique du sport a un impact dans le processus de l'entraînement ?

oui

non

3 – Utilisez-vous la biomécanique du sport au niveau de l'entraînement de vos joueurs ?

oui

non

Si oui, comment ?

.....  
.....  
.....

4 - Peut-on considérer la biomécanique du sport comme un moyen de contrôle de l'entraînement ?

oui

non

Si oui, comment ?

.....  
.....  
.....

**5 – Citez les paramètres biomécaniques (cinématiques et dynamiques) que vous utilisez pour contrôler la préparation physique du volleyeur attaquant ?**

.....  
.....  
.....  
.....

**6 – Citez toutes les qualités physiques spécifiques du volleyeur attaquant ?**

.....  
.....  
.....

**7 – Quelle est la qualité physique primordiale utilisée lors de la détente verticale du volleyeur attaquant ?**

.....  
.....

**8 - Consacrez-vous des séances de musculation pour vos joueurs ?**

**oui**

**non**

**9 – Quels types d'exercices de musculation utilisez-vous pour améliorer la détente verticale chez le volleyeur attaquant ?**

.....  
.....  
.....  
.....

# ANNEXE II

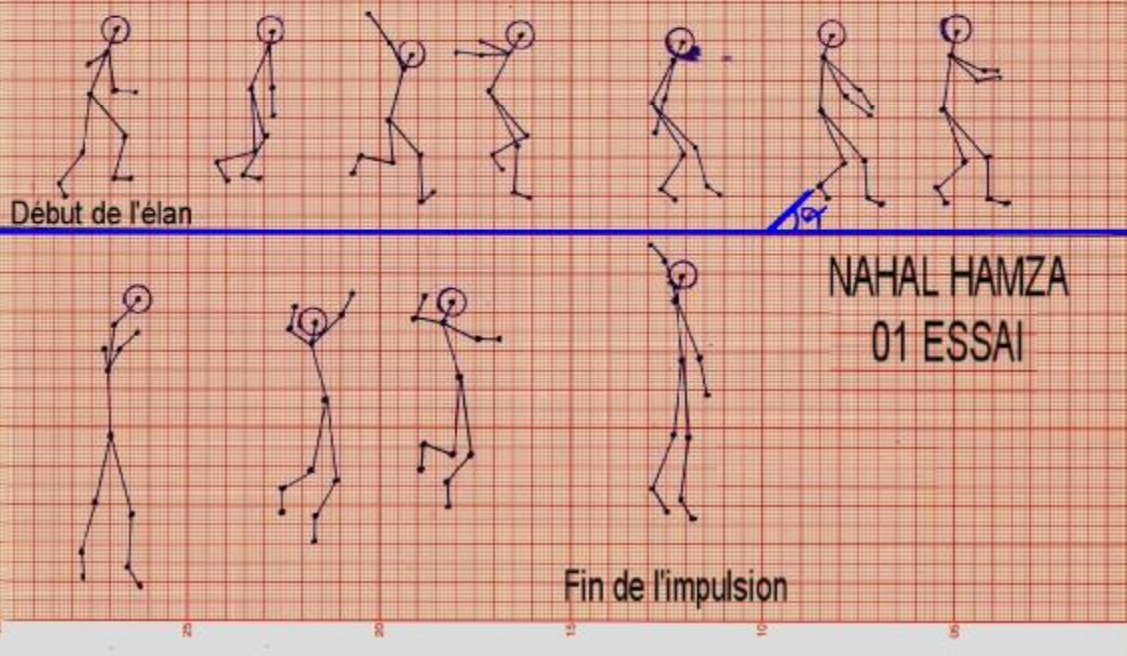


**TABLEAU DE FISHER**

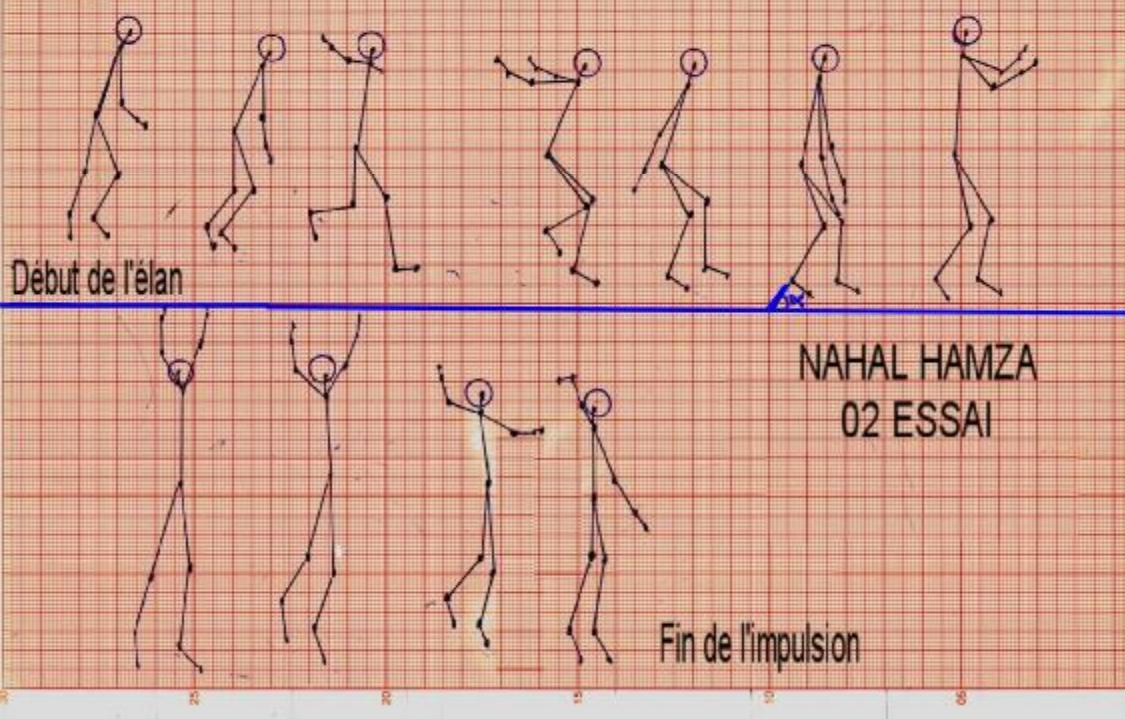
<b>Numéro de l'image</b>				
<b>Coordonnées</b>	<b>X droite (cm)</b>	<b>Y droite (cm)</b>	<b>X gauche (cm)</b>	<b>Y gauche (cm)</b>
<b>Centre de gravité de la tête</b>				
<b>Centre de gravité de l'articulation scapulo-humérale</b>				
<b>Centre de gravité de l'articulation du coude</b>				
<b>Centre de gravité de l'articulation du poignet</b>				
<b>Extrémité de la main</b>				
<b>Centre de gravité de l'articulation coxo-fémorale</b>				
<b>Centre de gravité de l'articulation du genou</b>				
<b>Centre de gravité de l'articulation de la cheville</b>				
<b>Extrémité du pied</b>				

# ANNEXE III

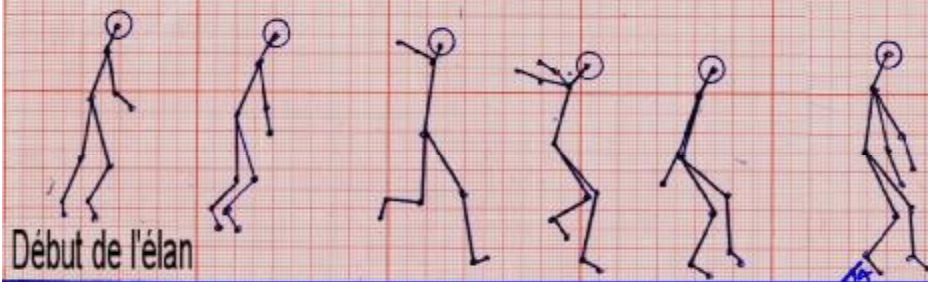
# KINOGRAMME DE L'EXECUTION DES TROIS PREMIERES ETAPES DU SMASH



# KINOGRAMME DE L'EXECUTION DES TROIS PREMIERES ETAPES DU SMASH

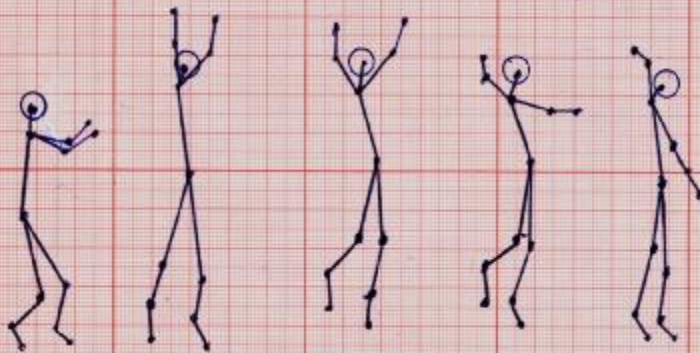


KINOGRAMME DE L'EXECUTION DES TROIS PREMIERES ETAPES DU SMASH



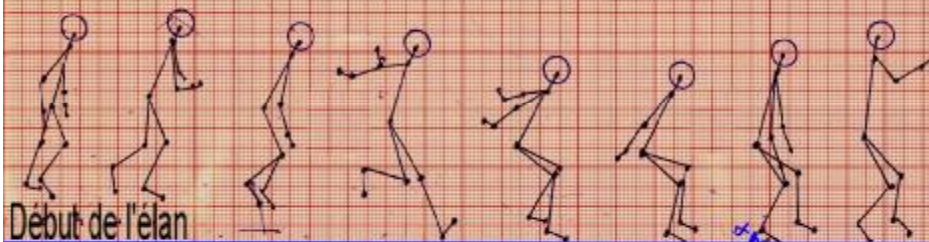
Début de l'élan

NAHAL HAMZA  
03 ESSAI

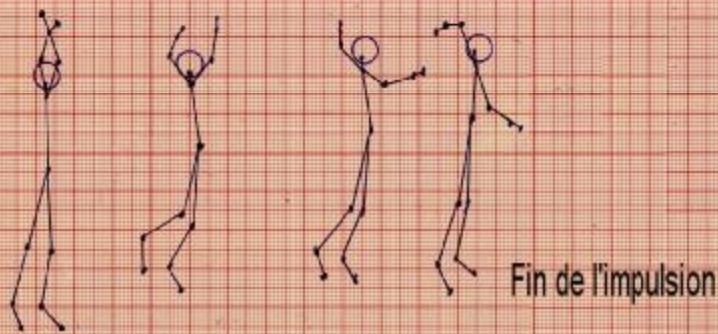


Fin de l'impulsion

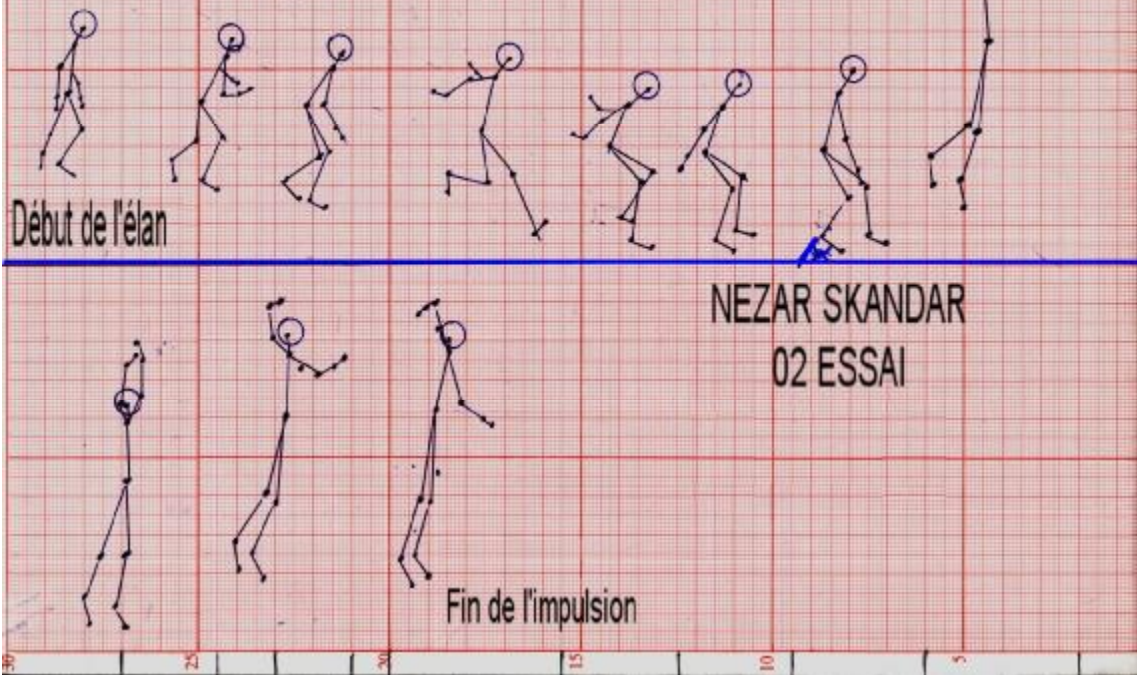
# KINOGRAMME DE L'EXECUTION DES TROIS PREMIERES ETAPES DU SMASH



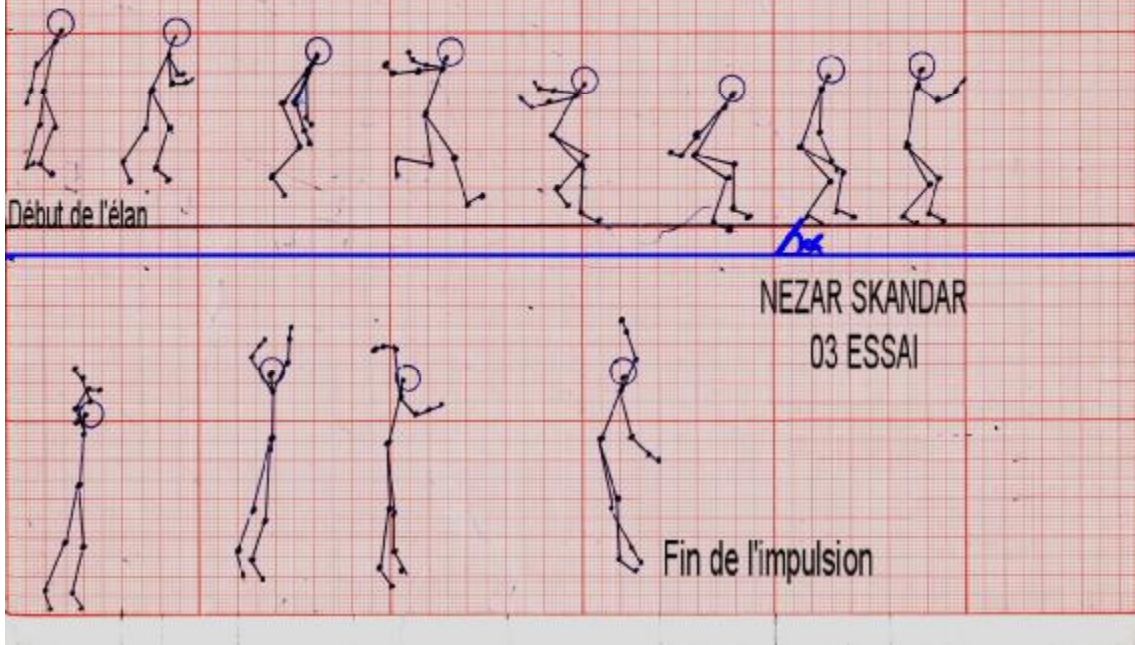
NEZAR SKANDAR  
01 ESSAI



# KINOGRAMME DE L'EXECUTION DES TROIS PREMIERES ETAPES DU SMASH

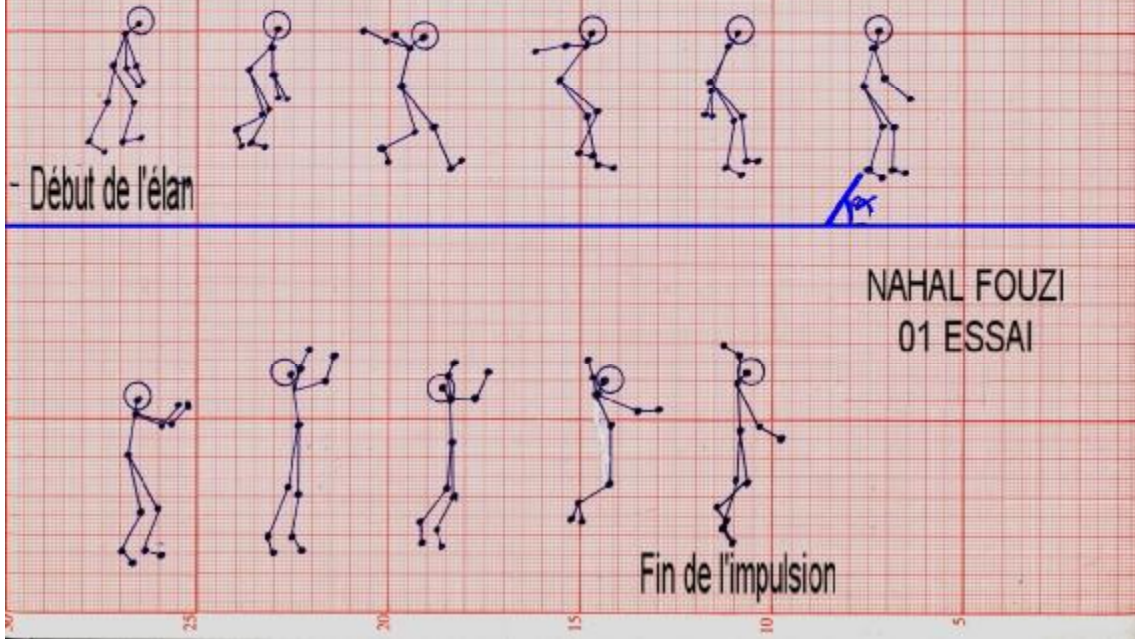


# KINOGRAMME DE L'EXECUTION DES TROIS PREMIERES ETAPES DU SMASH

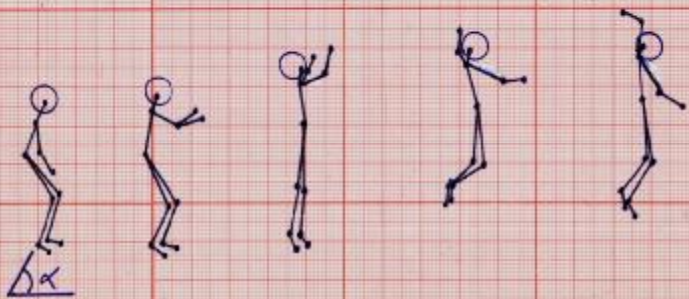
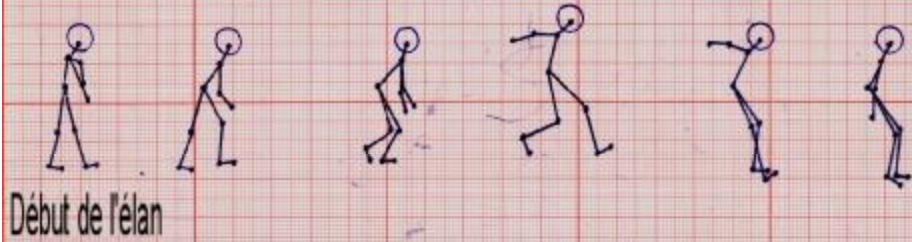




# KINOGRAMME DE L'EXECUTION DES TROIS PREMIERES ETAPES DU SMASH



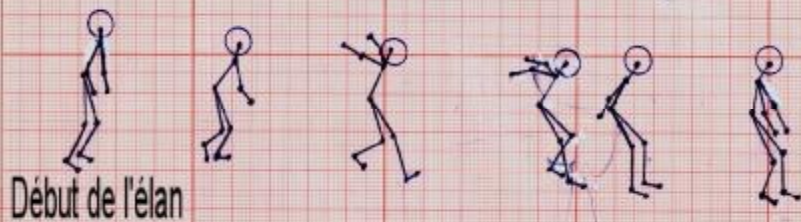
# KINOGRAMME DE L'EXECUTION DES TROIS PREMIERES ETAPES DU SMASH



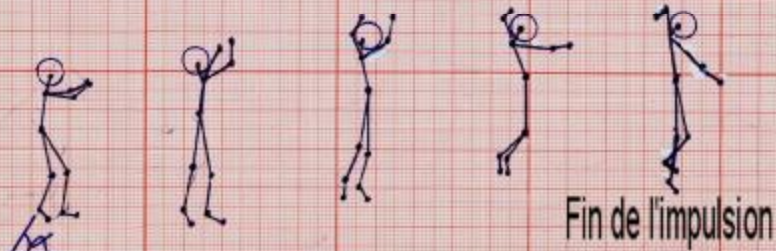
NAHAL FOUZI  
02 ESSAI

27 25 20 15 10 5

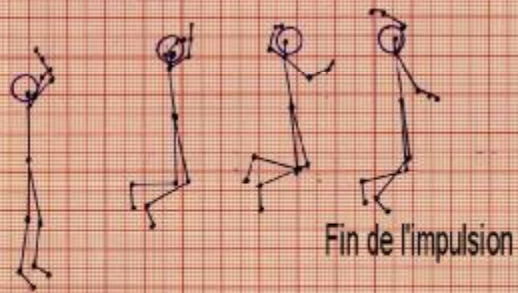
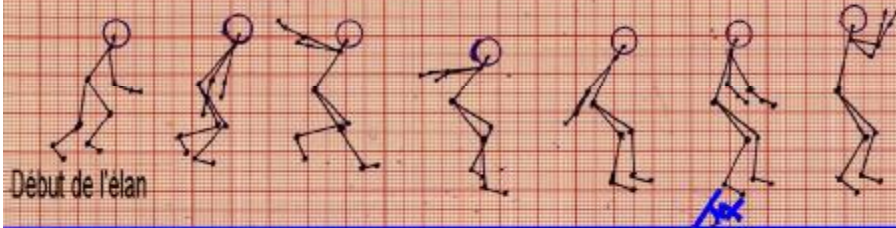
# KINOGRAMME DE L'EXECUTION DES TROIS PREMIERES ETAPES DU SMASH



NAHAL FOUZI  
03 ESSAI

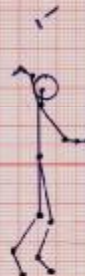
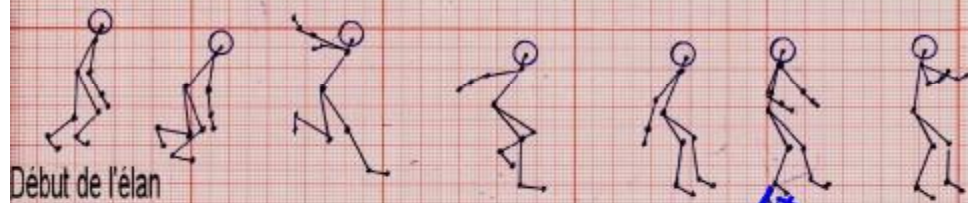


KINOGRAMME DE L'EXECUTION DES TROIS PREMIERES ETAPES DU SMASH



AZZAS SAMIR  
01 ESSAI

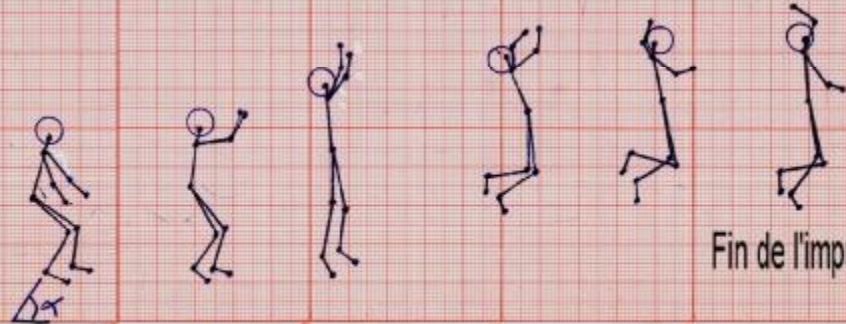
KINOGRAMME DE L'EXECUTION DES TROIS PREMIERES ETAPES DU SMASH



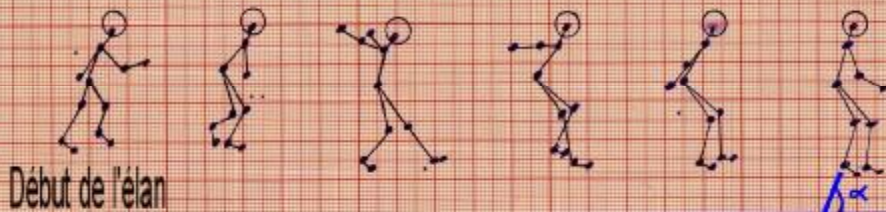
Fin de l'impulsion

AZZAS SAMIR  
02 ESSAI

# KINOGRAMME DE L'EXECUTION DES TROIS PREMIERES ETAPES DU SMASH



# KINOGRAMME DE L'EXECUTION DES TROIS PREMIERES ETAPES DU SMASH



# GIBA

