

Université A. MIRA-BEJAIA



Faculté des Sciences Humaines et Sociales

Département des Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives

Mémoire de fin de cycle en vue de l'obtention d'un diplôme de Master

Filière : Entraînement Sportif

Spécialité : Entraînement Sportif d'élite

Présenté par :

BOUCHEBBAH Aghiles

Thème

**Contribution à une analyse biomécanique des différents styles
de départs plongeurs en natation.**

Encadré par : Dr BENOSMANE Abdelmalik Bachir

Année Universitaire : 2018/2019

Remerciements

Je tiens à remercier tout d'abord Dieu le tout puissant qui m'a procuré du courage et de la volonté pour mener ce modeste travail.

Je tiens vivement à remercier mon encadreur Mr BENOSMANE Abdelmalik Bachir pour les consignes et la grande volonté qu'il n'a pas cessé de me témoigner, pendant tout mon travail et mon cursus universitaire.

Mes sincères remerciements et ma profonde reconnaissance sont adressés à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.

A ma famille et mes amies, qui m'ont tant offert et tant donné.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à toutes les personnes qui me sont chères :

Mes parents que j'aime énormément à qui je dois tout mon respect et ma reconnaissance pour tous les sacrifices qu'ils ont faits tout le long de ma vie et auxquels je ne pourrais jamais rendre ou remercier assez « que Dieu (ALLAH) les protège », ma petite sœur Lilia que j'apprécie moins quand elle est chiante, mes oncles, les enseignants qui m'ont forgé : Mr TOURI, Mr CHENIK, Mm RAHMANI, Mr WALLAH, Mr BOUDJELOUD, Mr BAILA, Mr GUERMINE, et bien sûr Mr BOUHADI et Mr ACHOUR, je le dédie aussi à mes vrais amis sans exception, mes collègues, mes coéquipiers et bien sûr à ma famille sportive.

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des équations

Introduction	1
Hypothèses	2
Objectifs de la recherche	2

Première partie : analyse bibliographique

Chapitre I : l'approche analytique du départ plongeon en natation

1 Définition du départ plongeon :	5
2 L'approche historique :	5
3 Réglementation :	7

Chapitre II : Analyse technique des différentes phases du départ plongeon

1 La phase du départ ou mise en place sur le plot :	10
1.1 Types du départ plongeon :	10
1.1.1 Le Grab Start :	10
1.1.2 Le Track Start :	11
1.1.3 Swing Start :	12
2 La phase de la poussée :	13
3 La phase aérienne :	14
4 La phase de la coulée :	16
5 L'étude de la coordination intersegmentaire par l'utilisation des phases relatives continues:	17
5.1 Les centres articulaires :	17
5.2 Les angles articulaires :	17
5.3 Les vitesses angulaires :	18

5.4	Les angles de phase :	18
5.5	Les Phases Relatives Continues (PRC) :	19

Deuxième partie : Méthodologie de la recherche, moyens et méthodes

Chapitre I : Méthodologie de la recherche

1	Echantillon :	22
2	Moyens et méthodes :	22
2.1	Matériel :	22
2.2	Méthode :	24
3	Procédure expérimentale :	24

Chapitre II : Analyses et interprétations des résultats

1	Analyses et interprétations des graphiques :	27
1.1	Jeune athlète 1 (nageur de fond) :	27
1.1.1	Droite :	27
1.1.2	Gauche:	29
1.2	Jeune athlète 2 (sprinter):	31
1.2.1	Droite:	31
1.2.2	Gauche :	34
1.3	Jeune athlète 3 (sprinter) :	36
1.3.1	Droite :	36
1.3.2	Gauche :	38
1.4	Jeune athlète 4 (sprinter) :	40
1.4.1	Droite :	40
1.4.2	Gauche :	42
1.5	Jeune athlète 5 (nageur de fond) :	44
1.5.1	Droite :	44
1.5.2	Gauche :	46
1.6	Athlète délite 1 (nageur de fond) :	49

1.6.1	Droite :.....	49
1.6.2	Gauche :.....	51
1.7	Athlète d'élite 2 (sprinter) :	53
1.7.1	Droite :.....	53
1.7.2	Gauche :.....	55
1.8	Athlète senior 1 (nageur de fond) :.....	57
1.8.1	Droite :.....	57
1.8.2	Gauche :.....	59
1.9	Athlète senior 2 (sprinter):.....	61
1.9.1	Droite :.....	61
1.9.2	Gauche :.....	63

Discussion et conclusion

Discussion	67
Conclusion	68
Liste bibliographique	
Résumé	

Liste des abréviations

L'abréviation	La signification
JO	Jeux Olympiques
FINA	Fédération Internationale de Natation Amateur
GI	Grab Inside (les mains entre les pieds)
GO	Grab Outside (les mains à l'extérieure des pieds)
PRC	Phases Relatives Continus
G	L'articulation du Genou
H	L'articulation de la Hanche
GS	Grab Start
TS	Track Start

Liste des tableaux

Tableau 1: Tableau de l'interprétation des PRC	19
Tableau 2 : Caractéristiques de l'échantillon.....	22

Liste des figures

Figure 1 : Un départ plongeon durant les JO de Saint Louis en 1904 montrant les nageurs qui étaient placés sur la même ligne.....	6
Figure 2 : Forme de départ actuel.....	6
Figure 3 : Le nouveau modèle du « starting block ».....	7
Figure 4 : Démonstration du Grab Start.....	10
Figure 5 : Démonstration du Track Start.....	11
Figure 6 : Démonstration du Swing Start.....	12
Figure 7 : Nageur pris en photo a l’instant de la poussée pour son départ.	14
Figure 8 : Illustration de la phase aérienne.	15
Figure 9 : Illustration de la phase sous-marine du plongeon	17
Figure 10 : Smartphone Samsung Galaxy S7 G930A.....	22
Figure 11 : Trépied utiliser pour fixer et stabiliser le smartphone.....	23
Figure 12 : Logiciel Tracker.	23
Figure 13 : Logiciel Excel.....	24
Figure 14 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 1 (nageur de fond) ;Droite ;Track Start.....	27
Figure 15 : Interprétation de la phase relative continue du Jeune athlète 1 (nageur de fond) ;Droite ;Track Start.....	28
Figure 16 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 1 (nageur de fond) ;Droite ;Grab Start.	28
Figure 17 : Interprétation de la phase relative continue du Jeune athlète 1 (nageur de fond) ;Droite ; Grab Start.	29
Figure 18 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 1 (nageur de fond) ;Gauche ;Track Start.....	29
Figure 19 : Interprétation de la phase relative continue du Jeune athlète 1 (nageur de fond) ;Gauche ;Track Start.....	30
Figure 20 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 1 (nageur de fond) ;Gauche ;Grab Start.	30
Figure 21 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 1 (nageur de fond) ;Gauche ;Grab Start.	31

Figure 22 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 2 (sprinter) ;Droite; Track Start.	31
Figure 23 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 2 (sprinter) ;Droite; Track Start.	32
Figure 24 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 2 (sprinter) ;Droite; Grab Start.	32
Figure 25 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 2 (sprinter) ;Droite; Grab Start.	33
Figure 26 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 2 (sprinter) ;Gauche; Track Start.	34
Figure 27 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 2 (sprinter) ;Gauche; Track Start.	34
Figure 28 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 2 (sprinter) ;Gauche; Grab Start.	35
Figure 29 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 2 (sprinter) ;Gauche; Grab Start.	35
Figure 30 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 3 (sprinter);Droite; Track Start.	36
Figure 31 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 3 (sprinter);Droite; Track Start.	36
Figure 32 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 3 (sprinter);Droite; Grab Start.	37
Figure 33 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 3 (sprinter);Droite; Grab Start.	37
Figure 34 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 3 (sprinter);Gauche ; Track Start.	38
Figure 35 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 3 (sprinter);Gauche ; Track Start.	38
Figure 36 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 3 (sprinter);Gauche ; Grab Start.	39
Figure 37 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 3 (sprinter);Gauche ; Grab Start.	39
Figure 38 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 4 (sprinter);Droite ; Track Start.	40

Figure 39 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 4 (sprinter);Droite ; Track Start.	40
Figure 40 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 4 (sprinter);Droite ; Grab Start.	41
Figure 41 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 4 (sprinter);Droite ; Grab Start.	41
Figure 42 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 4 (sprinter);Gauche ; Track Start.	42
Figure 43 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 4 (sprinter);Gauche ; Track Start.	42
Figure 44 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 4 (sprinter);Gauche ; Grab Start.	43
Figure 45 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 4 (sprinter);Gauche ; Grab Start.	43
Figure 46 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 5 (nageur de fond);Droite ; Track Start.	44
Figure 47 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 5 (nageur de fond);Droite ; Track Start.	45
Figure 48 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 5 (nageur de fond); Droite ; Grab Start.	45
Figure 49 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 5 (nageur de fond); Droite ; Grab Start.	46
Figure 50 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 5 (nageur de fond); Gauche ; Track Start.	46
Figure 51 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 5 (nageur de fond);Gauche ; Track Start.	47
Figure 52 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 5 (nageur de fond); Gauche ; Grab Start.	47
Figure 53 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 5 (nageur de fond); Gauche; Grab Start.	48
Figure 54 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète d'élite 1 (nageur de fond); Droite ; Track Start.	49
Figure 55 : Interprétation de la phase relative de l'athlète d'élite 1 (nageur de fond); Droite ; Track Start.	49

Figure 56 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète d'élite 1 (nageur de fond); Droite ; Grab Start.	50
Figure 57 : Interprétation de la phase relative de l'athlète d'élite 1 (nageur de fond); Droite ; Grab Start.	50
Figure 58 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète d'élite 1 (nageur de fond); Gauche ; Track Start.....	51
Figure 59 : Interprétation de la phase relative de l'athlète d'élite 1 (nageur de fond); Gauche ; Track Start.	51
Figure 60 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète d'élite 1 (nageur de fond); Gauche; Grab Start.	52
Figure 61 : Interprétation de la phase relative de l'athlète d'élite 1 (nageur de fond); Gauche; Grab Start.	52
Figure 62 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète d'élite 2 (sprinter); Droite ; Track Start.	53
Figure 63 : Interprétation de la phase relative de l'athlète d'élite 2 (sprinter); Droite ; Track Start.	54
Figure 64 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète d'élite 2 (sprinter); Droite ; Grab Start.	54
Figure 65 : Interprétation de la phase relative de l'athlète d'élite 2 (sprinter); Droite ; Grab Start.	55
Figure 66 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète d'élite 2 (sprinter); Gauche; Track Start.	55
Figure 67 : Interprétation de la phase relative de l'athlète d'élite 2 (sprinter); Gauche ; Track Start.	56
Figure 68 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète d'élite 2 (sprinter); Gauche ; Grab Start	56
Figure 69 : Interprétation de la phase relative de l'athlète d'élite 2 (sprinter); Gauche; Grab Start.	57
Figure 70 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète senior 1 (nageur de fond); Droite ; Track Start.....	57
Figure 71 : Interprétation de la phase relative de l'athlète senior 1 (nageur de fond); Droite ; Track Start.	58
Figure 72 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète senior 1 (nageur de fond); Droite ; Grab Start.	58

Figure 73 : Interprétation de la phase relative de l'athlète senior 1 (nageur de fond); Droite ; Grab Start.	59
Figure 74 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète senior 1 (nageur de fond); Gauche; Track Start.	59
Figure 75 : Interprétation de la phase relative de l'athlète senior 1 (nageur de fond);Gauche; Track Start.	60
Figure 76 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète senior 1 (nageur de fond); Gauche; Grab Start.	60
Figure 77 : Interprétation de la phase relative de l'athlète senior 1 (nageur de fond); Gauche; Grab Start.	61
Figure 78 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète senior 2 (sprinter); Droite ; Track Start.	61
Figure 79 : Interprétation de la phase relative de l'athlète senior 2 (sprinter); Droite ; Track Start.	62
Figure 80 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète senior 2 (sprinter); Droite ; Grab Start.	62
Figure 81 : Interprétation de la phase relative de l'athlète senior 2 (sprinter); Droite ; Grab Start.	63
Figure 82 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète senior 2 (sprinter); Gauche; Track Start.	63
Figure 83 : Interprétation de la phase relative de l'athlète senior 2 (sprinter); Gauche; Track Start.	64
Figure 84 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète senior 2 (sprinter); Gauche; Grab Start.	64
Figure 85 : Interprétation de la phase relative de l'athlète senior 2 (sprinter); Gauche; Grab Start.	65

Liste des équations

Équation 1 : Formule de calcul de la vitesse angulaire	18
Équation 2 : Formule appliquée pour les angles normalisés	18
Équation 3 : Formule appliqué pour les vitesses angulaires normalisés	18
Équation 4 : Formule de calcul de l'angle de phase φ	18
Équation 5 : Formule de calcul de la PRC.....	19

Introduction

De nos jours la performance sportive est telle, qu'il est impossible d'accéder au haut niveau sans avoir recours aux différentes sciences et technologies. En effet, les paramètres liés à cette performance sont de plus en plus pointus. L'évaluation du geste sportif est devenu une nécessité, tant pour connaître les points forts, que les points faibles chez les sportifs, pour comparer ses résultats à ceux des autres sportifs, et pour améliorer leurs niveaux mais aussi de suivre l'évolution à court, moyen et long terme.

Dans l'entraînement, réaliser une évaluation sans but, n'a aucun intérêt. Elle doit s'inscrire dans une logique de méthodologie de l'entraînement qui a pour objectif l'optimisation des performances.

La mesure de la performance en natation est une problématique majeure à laquelle bon nombre de chercheurs du domaine sportif et d'entraîneurs sont confrontés. Les évaluations peuvent être réalisées en laboratoire ou sur le terrain. Dans le second cas, la mise en place est plus simple et proche de la réalité mais moins précise qu'en laboratoire. C'est pourquoi, on attend des outils d'évaluations qu'ils soient les plus exactes et proches possible. Pour cela, il faut s'assurer que l'outil de mesure utilisé soit exact.

Aussi, il est important pour l'évaluateur d'être le plus objectif possible dans son évaluation. L'utilisation d'outils fiables pourrait être un moyen intéressant d'éviter toute subjectivité liée à l'évaluation. Dans le domaine de la coordination intersegmentaire, il existe peu de moyens permettant d'évaluer cette qualité de façon objective. L'introduction des phases relatives continues comme moyen de cette évaluation a permis aux spécialistes du sport de contourner ce problème.

A cet effet, nous nous sommes demandé si la coordination segmentaire des différents plongeurs utilisés par nos nageurs présentait des différences majeures ? Ces différences si elles existent sont-elles liées au niveau des athlètes et à leur catégorie d'âge ?

Notre étude se focalise sur le départ plongeur en natation. L'expérimentation s'est déroulée à la piscine d'El-Kseur, c'est une piscine semi-olympique de 25 mètres sur 20 mètres. En fonction d'attentes bien précises liées à la biomécanique, mais aussi en fonction de l'analyse vidéo grâce au logiciel TRACKER, il était possible de mettre en avant les points positifs et négatifs du geste, l'étude des différentes techniques de plongeur utilisée au cours du départ des courses de natation qui portera uniquement sur l'analyse du départ pour les nages ventrales,

c'est-à-dire la brasse, le crawl et le papillon. Car au début d'une course, c'est dans ces cas que le nageur se trouve hors de l'eau avec les deux pieds sur le plot de départ. A l'inverse en dos crawlé, le nageur est déjà dans l'eau.

Pour ce fait, notre travail s'articule autour de Cinq grands chapitres :

- Le premier est centré sur l'approche analytique du départ plongeon en natation;
- Le second chapitre aborde l'analyse technique des différentes phases du départ plongeon;
- Le troisième chapitre aborde la méthodologie de la recherche;
- Le quatrième chapitre aborde l'analyse et interprétation des résultats;
- Le cinquième chapitre englobe la discussion et conclusion.

Hypothèses

L'analyse biomécanique du plongeon, plus particulièrement des phases relatives donnant un aperçu de la coordination intersegmentaire du geste technique en question, pourrait être un facteur déterminant du développement de la performance en natation et ce dans les différents âges et les différents styles de nage.

Objectifs de la recherche

A travers notre étude, nous souhaitons réaliser et atteindre les objectifs suivant :

- ❖ Analyser la différence de la coordination intersegmentaire par le biais de phases relatives dans les deux types de départs plongeon en natation.
- ❖ Faire sortir les différences entre les différents athlètes, dans les différentes phases constituant la technique par âge et par spécialité.

PREMIERE PARTIE : ANALYSE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : L'APPROCHE
ANALYTIQUE DU DEPART PLONGEON EN
NATATION

1 DEFINITION DU DEPART PLONGEON :

D'après le dictionnaire (Larousse, 1905), le plongeon se définit comme une « action de se lancer dans l'eau d'une certaine hauteur plus ou moins grande ». Autrement dit, le plongeon ne consiste pas comme on pourrait le croire à positionner les mains et la tête vers l'eau, mais de n'importe quelle position. En reprenant les idées de (Thévenot, 1696), où le plongeon a principalement pour finalité « d'arriver au fond aussi vite qu'un trait d'arbalète ». En 1884, le Dictionnaire « Le Littré », définit le plongeon comme « un nageur qui descend au fond de l'eau ». On peut constater que la finalité du plongeon, à cette époque, est d'avoir comme principal but d'arriver au fond de l'eau, et non d'aller le plus vers l'avant, ce qui est contraire à l'objectif des plongeurs d'aujourd'hui qui ont pour finalité d'aller chercher loin devant, avant de faire le premier contact avec l'eau.

(Chamber.E, 1738) définit le plongeon dans son encyclopédie, comme étant « l'art, ou l'action de descendre sous l'eau à des profondeurs considérables et se maintenir là un temps conséquent ». Cette définition ajoute comme intention le fait de rester en apnée sous l'eau, qui déjà, intègre la notion de compétition sportive sur la capacité à rester en apnée le plus longtemps possible.

2 L'APPROCHE HISTORIQUE :

Pour (Vigarello, 1988), l'évolution des techniques corporelles se traduit par l'intégration des forces, dans le cas du départ plongé en natation, il dit qu'il s'agit de "l'utilisation toujours plus étendue de la force des jambes, dans l'évolution des départs de natation: le corps droit du nageur du XIX^{ème} siècle, bras quelques fois vers l'arrière (figure 1), le corps "ramassé" du nageur d'aujourd'hui, bras accrochés aux plots de départ." (Figure 2). Il y voit donc "un usage toujours plus grand et toujours mieux instrumenté de la force des jambes; les membres inférieurs fléchissent pour accroître l'intensité et la diminution des lignes de forces. L'intégration des bras est adaptée et valorisée en leur attribuant une fonction dynamique dans un premier temps, puis des fonctions directionnelles et équilibratrices". Cette évolution s'est faite dans l'objectif d'améliorer la performance, ce qui aujourd'hui est encore d'actualité, car on peut constater différentes techniques sur différents nageurs. Il faut aussi savoir que cette évolution des techniques de départ n'aurait pu se faire sans l'évolution parallèle du matériel.

Chapitre I : l'approche analytique du départ plongeon en natation

Dans les années 1800, le plot de départ et les lignes d'eau pour chacun des concurrents n'existaient pas. Les nageurs étaient placés sur une même ligne, orteils à l'extrémité de la planche d'appel. Ce n'est que plus tard, en 1912 aux JO de Stockholm, que les concurrents se plaçaient en face d'une plaque numérotée, mais cela toujours sans les lignes d'eau. En 1957, un plot de départ construit d'un seul bloc a fait son apparition, tout comme les lignes d'eau qui permettent aux nageurs d'être chacun dans son couloir. De nos jours, les plots sont réglementés, et munis de dispositif électronique pouvant déceler les départs anticipés (faux départs). Cette évolution matérielle va dans le sens de l'évolution technique, avec des nageurs qui partent plus vite.



Figure 1 : Un départ plongeon durant les JO de Saint Louis en 1904 montrant les nageurs qui étaient placés sur la même ligne.



Figure 2 : Forme de départ actuel.

3 REGLEMENTATION :

En course sprint de natation, pendant les épreuves (50 ou 100 mètres), excepté en dos, le départ doit obligatoirement se faire sous la forme de plongeon depuis un plot de départ se situant au bord du bassin. Les plots doivent être obligatoirement fermés (plein), sans effet de tremplin et surélevés à une hauteur comprise entre 0,5 et 0,75 mètres. La surface de contact doit mesurer au minimum 0,5 mètres de largeur et de longueur, et l'orientation ne doit pas dépasser un angle de 10° par rapport à l'horizontale. Depuis Janvier 2010, la Fédération Internationale de Natation Amateur (FINA) autorise l'utilisation de nouveaux plots de départ, avec à l'arrière une partie surélevée sur laquelle le nageur peut prendre appuis, comme des starting-blocks en athlétisme.



Figure 3 : Le nouveau modèle du « starting block »

Cependant plusieurs obligations ont été prescrites par la FINA :

- Au long coup de sifflet de l'arbitre, les nageurs doivent se positionner sur le plot.
- Les pieds ne doivent pas être au bord du plot, ni agrippés. Les mains en revanche peuvent toucher ou agripper le plot à quelque endroit que ce soit.
- A la commande à « vos marques » (« takes your marks »), les nageurs doivent se positionner pour le départ avec au moins un pied à l'avant des plots de départ, lorsque tous les nageurs sont immobiles, le starter donne le signal de départ par un coup de pistolet, klaxon, coup de sifflet ou ordre.
- Les nageurs ne doivent pas dépasser 15m sous l'eau.

De façon institutionnelle comme scientifique, le départ en natation est considéré comme étant composé de 4 phases étroitement liées mais qui renvoient cependant à des actions

Chapitre I : l'approche analytique du départ plongeon en natation

différentes. On retrouve ainsi, le départ proprement dit, la poussée ou l'impulsion sur le plot, la phase aérienne, et la phase sous-marine ou autrement dite coulée.

Si le plongeon, paraît à première vue une action logique et facile, c'est-à-dire « sauter dans l'eau », il convient de tenter une analyse plus rigoureuse, afin de pouvoir éclaircir le terme clé de notre sujet, et durant cette étude, ce ne sont que les trois premières phases qui nous intéressent.

**CHAPITRE II : ANALYSE TECHNIQUE
DES DIFFERENTES PHASES DU DEPART
PLONGEON**

1 LA PHASE DU DEPART OU MISE EN PLACE SUR LE PLOT :

1.1 TYPES DU DEPART PLONGEON :

1.1.1 Le Grab Start :

Le départ en « Grab Start », consiste à positionner les deux pieds parallèles et agrippés au plot à l'aide des orteils. Il fut introduit par Hanauer en 1967.

Au commandement du starter Le nageur positionne ses mains soit en position latérale, soit avec les mains devants, il accroche ses orteils sur l'avant du plot, les jambes sont fléchies selon un angle de 30 - 40° environ, de sorte que ses mains agrippent l'avant du plot. Le poids du corps doit ensuite être placé sur l'avant des pieds et non sur les talons. La tête reste baissée jusqu'au signal de départ, ou le nageur tire le plot avec les bras vers le haut pendant qu'il prend une impulsion avec les jambes. Ce mouvement de traction des bras provoque la bascule vers l'avant et permet de se retrouver dans une position pour une extension puissante des jambes orientées vers l'avant mais aussi légèrement vers le haut. Les bras sont alors projetés vers l'avant avec les mains placées l'une sur l'autre, le regard restant fixé vers l'avant.

Si les pieds sont écartés, le nageur saisit le plot entre ses pieds : sinon il saisit le plot à l'extérieur de ses pieds. (Counsilman, 1977), (Naemi, 2001) distinguent ces deux techniques :

- ❖ Le GI : les mains sont entre les pieds.
- ❖ Le GO : les mains sont à l'extérieur des pieds.

Une autre manière d'effectuer le Grab Start existe, c'est le handle start. Mais vu que les plots de départ dans la plupart des piscines ne sont pas instrumentés pour ce type de départ, très peu de nageurs l'utilisent.

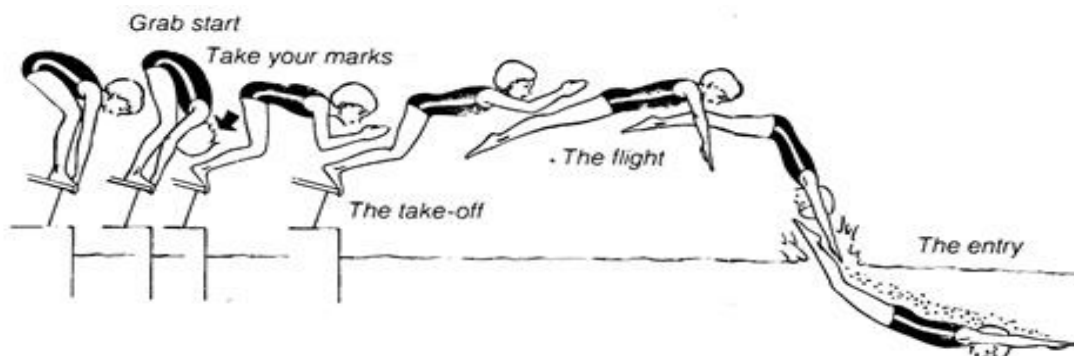


Figure 4 : Démonstration du Grab Start

1.1.2 Le Track Start :

Cette méthode correspond à l'évolution de la technique du Grab Start. Elle s'inspire du départ en athlétisme. Cette technique est apparue aux alentours des années 1973, avec des records du monde battu à l'aide de ce départ, et Rowdy Games, champion olympique américain a été l'un des premiers à l'avoir adopté. (Sanders, 2002) définit ce départ comme "une variante du Grab Start", et (Zumerchik, 1997) dit que "le Track Start ajoute une innovation au Grab Start". ». La modification règlementaire de 2010, n'a pas changé la position du nageur sur le plot de départ, si ce n'est l'orientation des surfaces propulsives du pied arrière.

Le Track Start est donc un départ agrippé mais la différence majeure réside dans la position initiale des pieds et dans l'action des mains du nageur sur le plot lors de l'impulsion. Un des pieds est situé sur l'arrière du plot tandis que l'autre est placé sur l'avant. Les bras sont tendus et accrochés au bord avant du plot.

Deux variantes existent:

- Une position avec projection du centre de gravité vers l'avant.
- Une position avec projection du centre de gravité vers l'arrière.

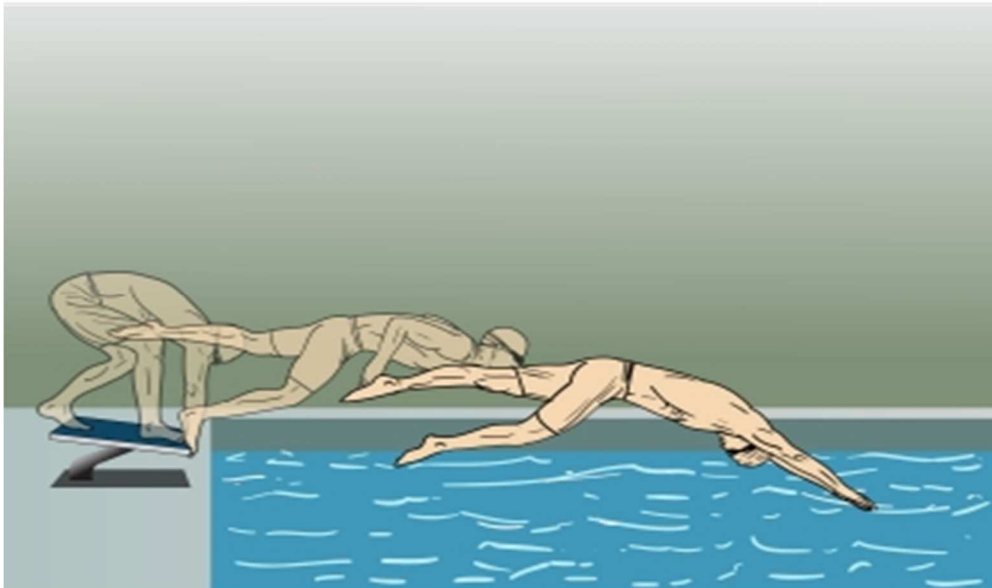


Figure 5 : Démonstration du Track Start.

1.1.3 Swing Start :

Dans les années 1960, le départ se réalise avec des jambes beaucoup plus fléchies, tronc baissé vers les jambes, avec un balancement des bras qui était utilisé par tous les nageurs et qui pouvait être réalisé avec deux techniques différentes :

- Soit avec un balancement de bras uniquement vers l'avant. Comme le décrivent des auteurs comme (Baliff, 1980), où le nageur devait se pencher le plus en avant et le plus loin possible avec les bras tirés vers l'arrière, selon lui « la force d'inertie provoquée par le mouvement des bras en demi-cercle ainsi que la poussée des jambes au signal de départ permettaient une propulsion horizontale efficace ». Pour (Nivanda, 1963) ce départ conduisait à une « rapidité de réaction, le mouvement des bras étant relativement court et leur position arrière permet au nageur d'être penché légèrement plus en avant par rapport à l'axe verticale du plot ».
- Soit avec un balancement complet des bras. C'est-à-dire dans un premier temps vers l'arrière puis vers l'avant, comme le décrit (Counsilman, 1977) pour lui « le balancement des bras vers l'arrière déplace le centre de gravité du corps vers l'avant : le nager perd alors l'équilibre et est entraîné vers l'avant ». Pour (Pedroletti, 1997), « un mouvement de moulinet ou de balancier permet de prendre son élan et d'avoir ensuite une poussée des jambes coordonnée plus puissante ».

Néanmoins, ces auteurs ont plus tard été critiqués du fait que cette position demandait un temps de réaction relativement long, du coup, ce départ a été abandonné vers les années 2000, puisqu'aux JO de Sydney aucun nageur ne l'a utilisé.

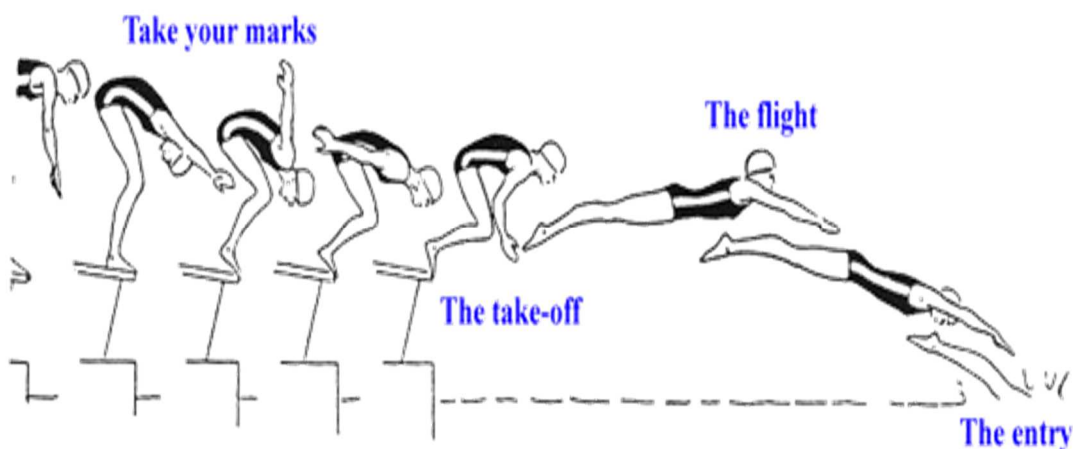


Figure 6 : Démonstration du Swing Start.

2 LA PHASE DE LA POUSSEE :

Au moment du signal de départ le nageur doit lancer son saut de départ. Déjà au début du mouvement, il y a quelques points importants à considérer. Au lieu d'avancer passivement vos mains vers l'avant, vous devriez vous tirer activement vers l'avant au bloc de départ. Pendant ce temps, les pieds appuient puissamment depuis le bloc de départ. Il est important que le nageur prépare une bonne flexion des genoux pour avoir une poussée puissante, et il faut qu'il garde une position stable, sinon les pieds pourraient glisser. D'après (Pedroletti, 1997) ces points doivent être notés au moment du départ:

- ❖ Dans le cas d'un départ pieds parallèles, le nageur :
 - Se tire sur ses bras pour basculer son corps sur l'avant ;
 - Puis, il se pousse du plot avec ses mains, en relevant la tête, pour accentuer la bascule du corps et la flexion des genoux, pour pousser sur ses jambes ;
 - La poussée des jambes lui permet de lancer les bras vers l'avant ;
- ❖ Dans le cas d'un départ pieds décalés, le nageur :
 - Se tire fortement avec ses bras vers l'avant, tout en redressant sa tête et avec une flexion du genou et de la cheville de la jambe avant.
 - Il se pousse ensuite du plot avec son pied avant qui est bien accroché ;

Dans le passé, on pensait qu'une longue phase de vol était la marque d'un bon départ. Cette vue est maintenant obsolète. La science du sport a constaté que les meilleurs temps de départ sont atteints lorsque le saut est en direction vers l'avant, le nageur doit être en extension, tête dans l'axe, bras orientés vers l'eau, sur le temps fort de la poussée au plot vers l'avant et vers le haut, dès qu'il quitte le plot, la tête se replace entre les bras pour changer l'orientation de la trajectoire du départ, de l'angle de la poussée au plot et de la position des bras et de la tête, qui se replace entre eux, dépendra la trajectoire du corps dans l'air et de l'angle d'entrée dans l'eau, mais ici aussi, deux variantes sont apparues qui peuvent souvent être observées en compétition. Ils diffèrent principalement par le balancement des bras :

- Dans la variante A, l'athlète prend ses mains directement vers l'avant et lorsqu'il quitte le bloc de départ, ses bras sont déjà tendus dans le sens de la nage.
- Dans la variante B, l'athlète saute la tête vers l'avant et n'avance les bras que pendant la phase de vol. Cela ne laisse pas beaucoup de temps à l'athlète, c'est pourquoi cette méthode de démarrage impose des contraintes élevées aux muscles extenseurs.

(www.swimsportMagazine.de, s.d.)



Figure 7 : Nageur pris en photo a l'instant de la poussée pour son départ.

3 LA PHASE AERIENNE :

Elle commence au moment où le nageur n'est plus en contact avec le plot et se termine lors du premier contact des mains avec l'eau.

D'après (Lyttle, 2002), l'angle optimale de décollage se situerait entre 0° et 15° . Si cet angle est trop faible ($< -5^{\circ}$), le nageur minimisera les bénéfices de la performance de la phase aérienne en entrant trop tôt en contact avec l'eau et donc en décélérant rapidement. Si cet angle est trop grand ($>15^{\circ}$), cela augmentera sa vitesse verticale tout en diminuant simultanément sa vitesse horizontale.

Deux principes d'envol sont définis, le premier est appelé le plongeon piqué, et le deuxième le plongeon à plat. Ces différentes formes de plongeon vont provoquer des différences dans la façon d'entrer dans l'eau.

D'après (Zumerchik, 1997) les nageurs utilisaient le plongeon à plat jusque dans les années 1960, et aujourd'hui ils optent pour un plongeon piqué. Pour cet auteur, lors du plongeon à plat les nageurs essaient d'entrer en contact avec l'eau tel un « ricochet », et avec un plongeon piqué ils maximisent le temps de portée et cela est utile car moins de résistance sont rencontrée dans l'air que dans l'eau, de plus l'angle d'entrée étant plus ouvert, moins de turbulences sont créés. Mais selon (Counsilman B. T., 1988), un départ trop piqué est une pratique dangereuse et elle ne devrait pas être pratiquée dans des piscines peu profondes ($< \text{à } 1.22\text{m}$), de plus ces auteurs n'ont pas trouvé que le départ piqué était plus rapide qu'un autre.

Chapitre II : Analyse technique des différentes phases du départ plongeon

Pour (Costill & col, 1994), « le nageur se déplace dans l'air en gardant le tronc en extension. Il fléchit le bassin au moment où il franchit le sommet de la courbe de vol. « Après la flexion du bassin, le nageur soulève ses jambes pour les aligner avec le tronc au moment de l'entrée ».

(Cholet, 1990) divise cette phase en deux parties :

- Phase ascendante de l'envol : c'est suite à l'impulsion que le corps va déployer topiquement. Pointes des pieds en extension, tête haute, la charnière du buste et les membres inférieurs totalement dans le plongement.
- Phase descendante de l'envol : qui n'est pas différente de la phase ascendante sauf pour la brasse où le nageur a tendance à accentuer et marquer davantage le changement d'orientation de son corps.



Figure 8 : Illustration de la phase aérienne.

4 LA PHASE DE LA COULEE :

L'entrée dans l'eau commence à partir du moment où les phalanges du nageur entrent en contact avec l'eau et se termine lorsque la totalité de son corps est entrée dans l'eau ; la coulée prend donc la suite s'achève lorsque la vitesse de coulée, après avoir diminué, est égalé à la vitesse de nage.

De nombreux auteurs, notamment (Mason & Cossor, 2001), ont montré que la variable la plus importante pour produire un départ rapide est la distance et le temps de coulée. Une position hydrodynamique doit être maintenue pendant toute la coulée jusqu'au moment où la vitesse de la coulée diminue et devient égale à la vitesse de nage. Reprendre sa nage trop tard, c'est gaspiller de l'énergie, la reprendre trop tôt, c'est perdre de la vitesse et être obligé de créer une accélération pour atteindre sa vitesse de nage. Le nageur effectue lors de son entrée dans l'eau un battement de jambe afin de pouvoir se propulser, Le nageur étant sous la surface de l'eau, il remonte progressivement avec la poussée d'Archimède.

Lors de l'entrée dans l'eau il est important que le nageur, comme nous l'avions précédemment, aligne ces segments pour diminuer les forces de résistances.

De plus, en exploitant le principe de Bernoulli, le nageur doit se positionner en position convexe pour créer des zones de haute pression Sous le corps et une zone de basse pression au-dessus du corps.



Figure 9 : Illustration de la phase sous-marine du plongeon

5 L'ETUDE DE LA COORDINATION INTERSEGMENTAIRE PAR L'UTILISATION DES PHASES RELATIVES CONTINUES:

(Schöner & Kelso, 1988), (Jeka & Kelso, 1989) et (Burgess-Limerick, 1993) proposent de quantifier la différence d'état de 2 articulations et introduisent la notion de phases relatives. Les phases relatives sont particulièrement utilisées pour l'étude des activités cyclique, les angles articulaires significatifs de la gestuelle sont analysés par des approches classiques (ex. $\text{angle} = f(\text{angle})$), mais également via un calcul de phases relatives continues, qui a des étapes à suivre :

5.1 LES CENTRES ARTICULAIRES :

Nous supposons que les mouvements de translation développés au sein des articulations sont négligeables. Les centres articulaires des : genoux et chevilles sont assimilés au point milieu des couples de marqueurs posés sur le bord externe et interne de chacune de ces articulations (Schmidt, 1999). Pour la hanche, le centre articulaire est à l'intersection du bassin et du fémur.

5.2 LES ANGLES ARTICULAIRES :

Le calcul des angles articulaires est effectué selon la séquence d'Euler : flexion/extension, abduction/adduction et rotation interne/externe. Les angles traités sont : angle de flexion/extension du genou et de flexion/extension de la hanche

5.3 LES VITESSES ANGULAIRES :

La troisième étape permet d'obtenir les vitesses angulaires. Celles-ci sont obtenues en dérivant les angles par la méthode de la différence centrée :

$$\dot{\theta}_i = \frac{(\theta_{i+1} - \theta_{i-1})}{2\Delta t}.$$

Équation 1 : Formule de calcul de la vitesse angulaire

Avec, Δt : période d'échantillonnage, θ_i : angle articulaire à l'instant 'i' ; $\dot{\theta}_i$: vitesse angulaire à l'instant 'i'.

5.4 LES ANGLES DE PHASE :

La quatrième étape consiste à définir le plan phase. Celui-ci exprime la vitesse angulaire normalisée en fonction de l'angle normalisée. La méthode de normalisation retenue est celle proposée par (Pudlo, 1999). Elle permet de centrer en '0' et de réduire ce plan de phase entre -1 et 1 sur chacun de ces axes, pour ensuite pouvoir appliquer les fonctions trigonométriques.

$$\theta(t)_{normB} = \frac{2 \cdot \theta(t) - (\theta_{MAX} + \theta_{MIN})}{\theta_{MAX} - \theta_{MIN}}$$

Équation 2 : Formule appliquée pour les angles normalisés

$$\dot{\theta}(t)_{normB} = \frac{2 \cdot \dot{\theta}(t) - (\dot{\theta}_{MAX} + \dot{\theta}_{MIN})}{\dot{\theta}_{MAX} - \dot{\theta}_{MIN}}$$

Équation 3 : Formule appliqué pour les vitesses angulaires normalisés

$$\phi = \arctan \left(\frac{\dot{\theta}_{NORM}}{\theta_{NORM}} \right)$$

Équation 4 : Formule de calcul de l'angle de phase ϕ

5.5 LES PHASES RELATIVES CONTINUES (PRC) :

- La dernière étape, le calcul de la Phase Relative Continue est réalisé grâce à la formule suivante :

$$CRP_{c/g} = \phi_c - \phi_g$$

Équation 5 : Formule de calcul de la PRC

- L'interprétation des phases relatives se fait comme décrit au tableau 2.

Occurrences	Interprétations
PRC g,h = 0	G et H sont au même stade d'évolution entre leur état maximaux respectifs
PRC g,h = < 0	G a de l'avance par rapport à l'articulation H
PRC g,h = > 0	G a du retard par rapport à l'articulation H
PRC g,h constante	G et H évoluent dans les mêmes proportions au cours de cette constance

Tableau 1: Tableau de l'interprétation des PRC

**DEUXIEME PARTIE : METHODOLOGIE
DE LA RECHERCHE**

CHAPITRE I : METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

1 ECHANTILLON :

Neuf sujets (âge = $20,0 \pm 3,9$ ans; taille = $176,0 \pm 9,3$ m; masse corporelle = $68,5 \pm 8,0$ kg) tous entraînés en natation ont participé à cette étude. Aucun d'entre eux ne présentait de problème de santé ou signe de pathologie. Leurs principales caractéristiques sont présentées dans le tableau suivant.

	M	SD
Âge	20,0	3,9
Taille (cm)	176	9,3
Poids (kg)	68,5	8,0

Tableau 2 : Caractéristiques de l'échantillon

2 MOYENS ET METHODES :

2.1 MATERIEL :

Une caméra d'un smartphone Samsung Galaxy S7 G930A a été utilisée pour la prise de vidéo pendant les épreuves de départ plongé (fig. 10). Cette caméra était placée sur trépied (fig. 11), perpendiculairement au sens de déplacement, à une distance d'environ 5 mètres selon la configuration du bassin.



Figure 10 : Smartphone Samsung Galaxy S7 G930A



Figure 11 : Trépied utiliser pour fixer et stabiliser le smartphone.

Les angles segmentaires sont mesurés à l'aide du logiciel TRACKER, qui permet d'extraire un maximum d'informations pour caractériser objectivement le mouvement du nageur, hors de l'eau (fig. 12).

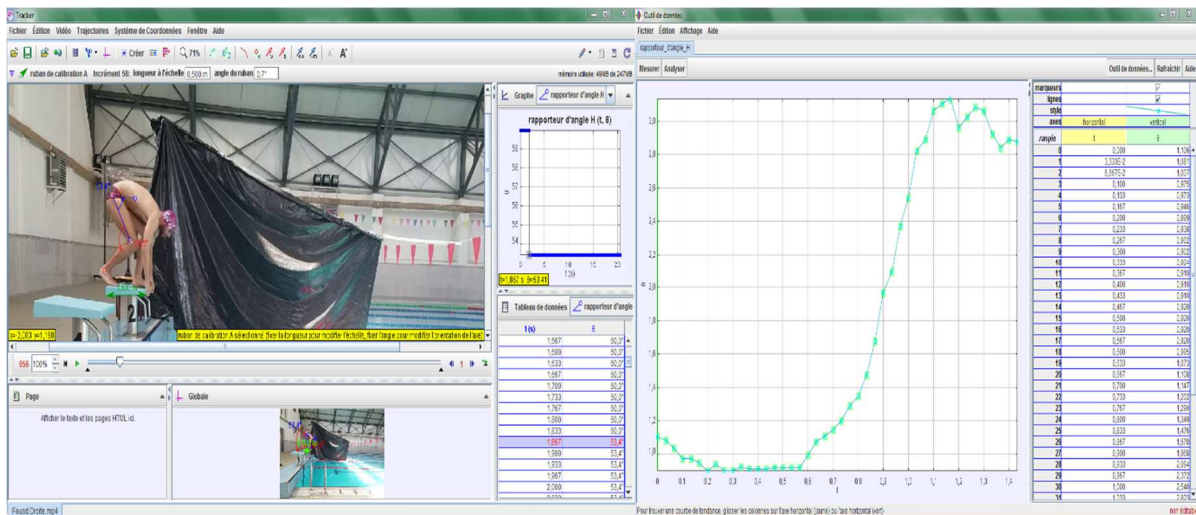
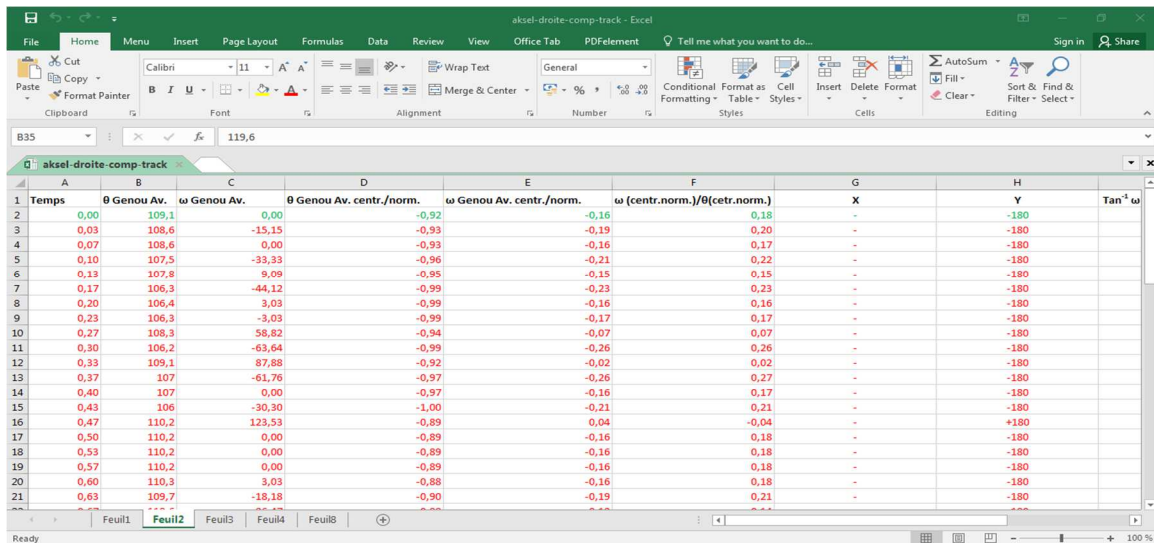


Figure 12 : Logiciel Tracker.

Chapitre I : Méthodologie de la recherche

Les données recueillies sont ensuite exportées sous format Excel pour le traitement (fig. 13).



The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

1	Temps	θ Genou Av.	ω Genou Av.	θ Genou Av. centr./norm.	ω Genou Av. centr./norm.	ω (centr.norm.)/ θ (centr.norm.)	X	Y	$\tan^{-1} \omega$
2	0,00	109,1	0,00	-0,92	-0,16	0,18	-	-180	-
3	0,03	108,6	-15,15	-0,93	-0,19	0,20	-	-180	-
4	0,07	108,6	0,00	-0,93	-0,16	0,17	-	-180	-
5	0,10	107,5	-33,33	-0,96	-0,21	0,22	-	-180	-
6	0,13	107,8	9,09	-0,95	-0,15	0,15	-	-180	-
7	0,17	106,3	-44,12	-0,99	-0,23	0,23	-	-180	-
8	0,20	106,4	3,03	-0,99	-0,16	0,16	-	-180	-
9	0,23	106,3	-3,03	-0,99	-0,17	0,17	-	-180	-
10	0,27	108,3	58,82	-0,94	-0,07	0,07	-	-180	-
11	0,30	106,2	-63,64	-0,99	-0,26	0,26	-	-180	-
12	0,33	109,1	87,88	-0,92	-0,02	0,02	-	-180	-
13	0,37	107	-61,76	-0,97	-0,26	0,27	-	-180	-
14	0,40	107	0,00	-0,97	-0,16	0,17	-	-180	-
15	0,43	106	-30,30	-1,00	-0,21	0,21	-	-180	-
16	0,47	110,2	123,53	-0,89	0,04	-0,04	-	+180	-
17	0,50	110,2	0,00	-0,89	-0,16	0,18	-	-180	-
18	0,53	110,2	0,00	-0,89	-0,16	0,18	-	-180	-
19	0,57	110,2	0,00	-0,89	-0,16	0,18	-	-180	-
20	0,60	110,3	3,03	-0,88	-0,16	0,18	-	-180	-
21	0,63	109,7	-18,18	-0,90	-0,19	0,21	-	-180	-

Figure 13 : Logiciel Excel.

2.2 METHODE :

La méthode que nous allons utiliser pendant cette expérimentation est celle des phases relatives continues.

3 PROCEDURE EXPERIMENTALE :

Après avoir sélectionné les sujets de notre recherche, nous avons marqué les segments de la partie inférieure des deux cotées du corps de chaque sujet à l'aide de mini patches, afin de pouvoir repérer les angles segmentaires pendant l'analyse cinématique.

Aussi, afin de pouvoir recueillir des données par rapport aux positions des angles segmentaires, des articulations, des vitesses angulaires, nous avons réalisé une analyse cinématographique. Pour cela nous avons filmé de côté avec une caméra posée sur un trépied qui permet de pouvoir garder un angle de vue stable.

Les sujets ont effectué 4 départs, un GS et un TS filmés du côté gauche, et un GS et TS filmés du côté droit.

A travers le logiciel TRACKER, nous avons pu obtenir des données. D'une part, visualisé le mouvement des sujets, et d'autre part enregistré les positions des segments, des articulations, et des angles segmentaires lors du départ plongeon.

Chapitre I : Méthodologie de la recherche

Pour obtenir et traiter ces données, nous avons réalisé un découpage vidéo afin d'obtenir seulement ce qui nous intéresse. Le calcul des angles articulaires s'est selon la méthode d'Euler. Nous avons positionné le rapporteur avec une souris manuellement sur chaque incrément vidéo, ensuite prélevé les données pour pouvoir calculer les vitesses angulaires, les angles de phase et les phases relatives continues sur Excel.

CHAPITRE II : ANALYSES ET INTERPRETATIONS DES RESULTATS

1 ANALYSES ET INTERPRETATIONS DES GRAPHIQUES :

1.1 JEUNE ATHLETE 1 (NAGEUR DE FOND) :

1.1.1 Droite :

Track Start :

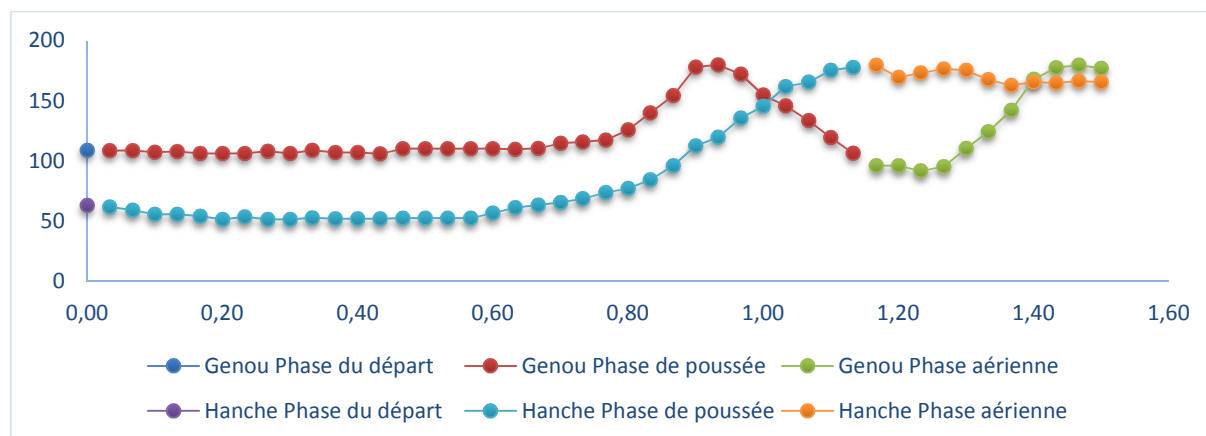


Figure 14 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 1 (nageur de fond) ; Droite ; Track Start.

Sur ce graphique relatif au plongeon de jeune athlète (nageur de fond), nous remarquons que dans les deux phases du départ et de la poussée, l'angle du genou et de la hanche sont inertes, avec une légère extension, puis une flexion de l'angle du genou à la fin de la période de la poussée liée à la particularité technique de ce style de plongeon, pendant la phase aérienne nous pouvons voir l'extension de l'angle du genou avant sa stabilisation à la fin de la dernière phase, tandis que l'angle de la hanche évolue en extension pendant la dernière période de la phase de poussée et finit par se stabiliser dans la phase aérienne.

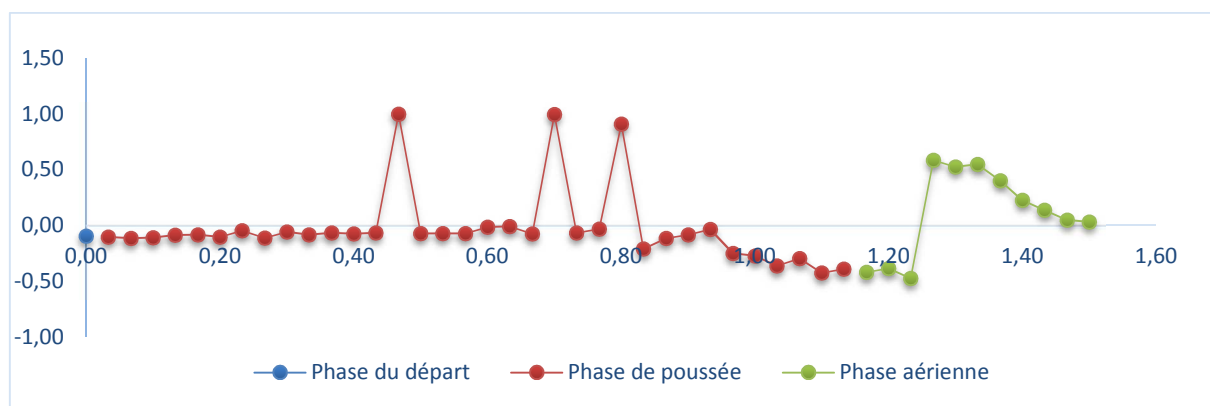


Figure 15 : Interprétation de la phase relative continue du Jeune athlète 1 (nageur de fond) ;Droite ;Track Start.

Nous constatons dans ce graphique que pratiquement dans toutes les 3 phases que l'angle du Genou évolue en avance par rapport à l'angle de la Hanche, sauf vers la phase aérienne c'est ce dernier qui évolue en avance par rapport à l'angle du Genou.

Grab Start:

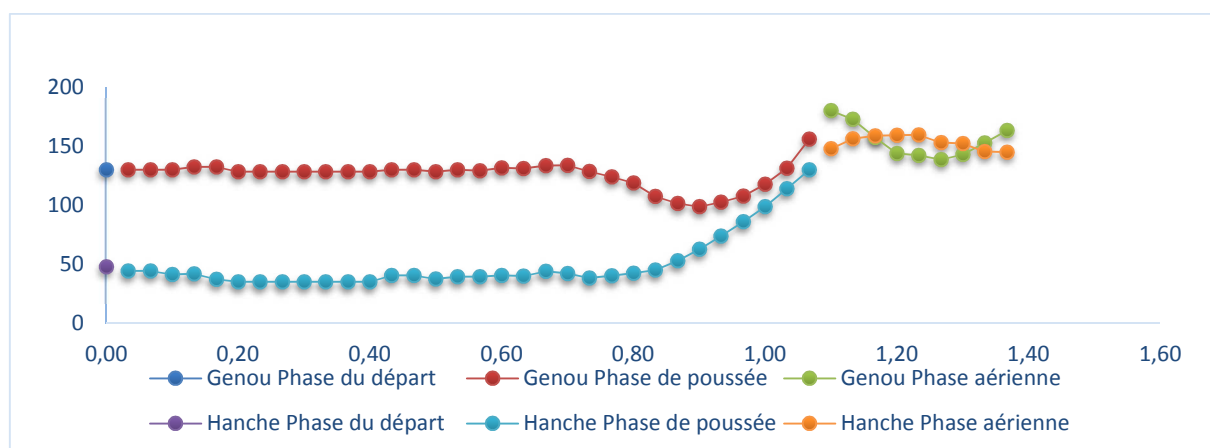


Figure 16 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 1 (nageur de fond) ;Droite ;Grab Start.

Sur ce graphique, nous remarquons que dans les deux premières phases, l'angle du genou et de la hanche sont pratiquement immobiles, avec une légère extension de ce dernier, et une flexion de l'angle du genou à la fin de la période de la poussée ceci est dû au transfert de poids opéré par le nageur préparant sa phase d'envol, pendant la phase aérienne, une flexion de l'angle du genou est observé avec une stabilisation de l'angle de la hanche.

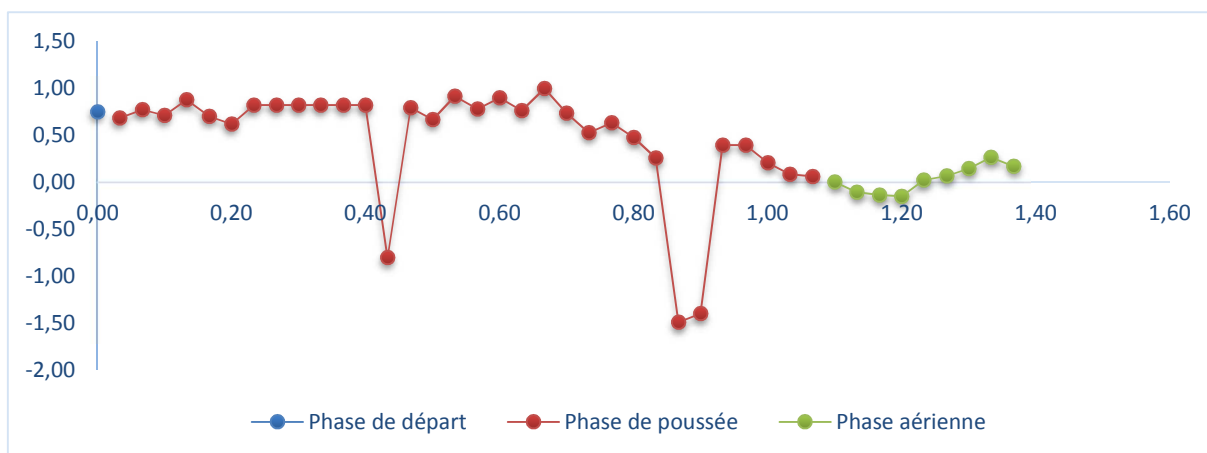


Figure 17 : Interprétation de la phase relative continue du Jeune athlète 1 (nageur de fond) ;Droite ; Grab Start.

Nous pouvons constater dans ce graphique que pratiquement dans toutes les 3 phases l'angle du Genou évolue en retard par rapport à l'angle de la Hanche.

1.1.2 Gauche:

Track Start:

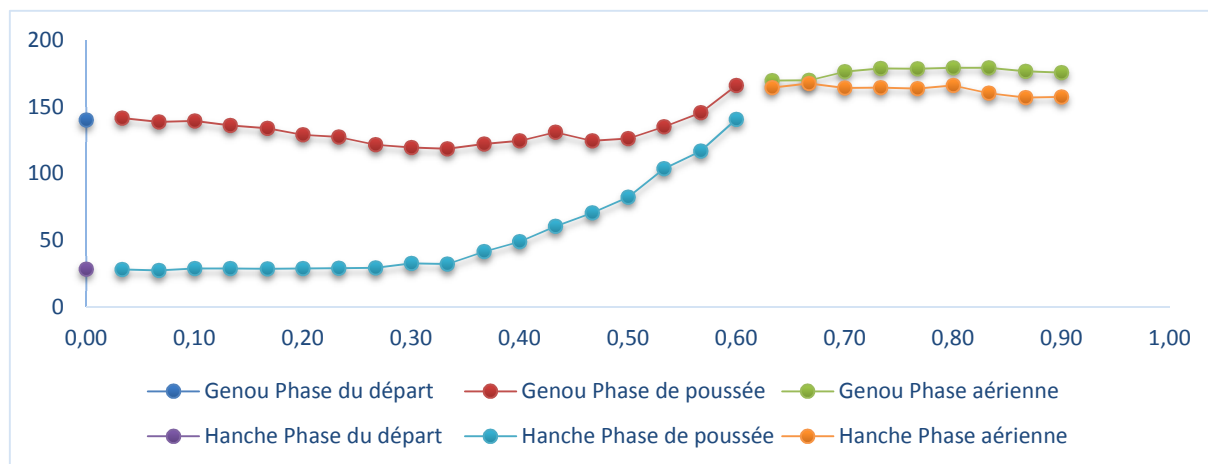


Figure 18 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 1 (nageur de fond) ;Gauche ;Track Start.

Sur ce graphique, nous remarquons que dans les deux premières phases, l'angle du genou et de la hanche sont pratiquement immobiles, avec une légère extension des deux angles à la fin de la période de la poussée, pendant la phase aérienne nous observons une stabilisation des deux angles (hanche et genou).

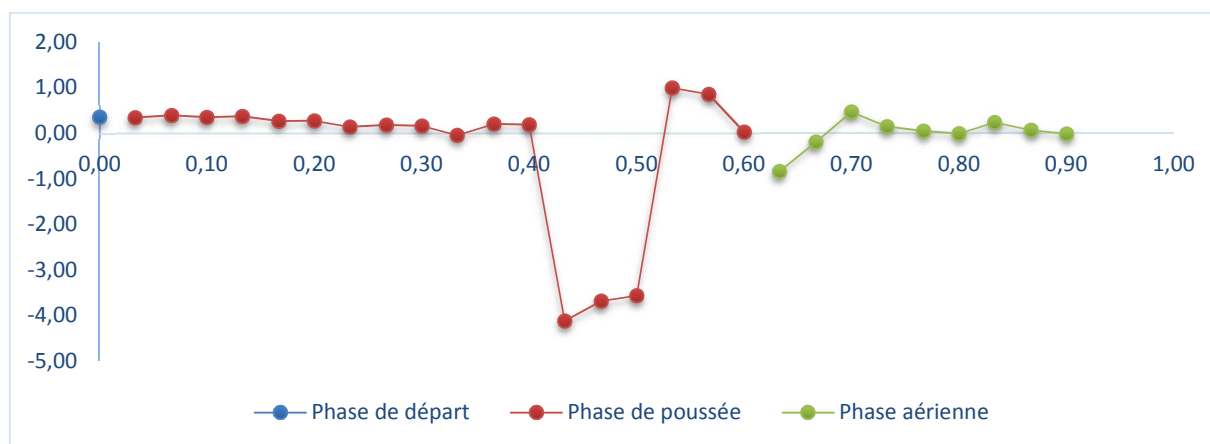


Figure 19 : Interprétation de la phase relative continue du Jeune athlète 1 (nageur de fond) ;Gauche ;Track Start.

Nous remarquons dans la Phase du départ et le début de la Phase de poussée que l'évolution de l'angle du Genou est en retard par rapport à l'angle de la Hanche, vers la fin de la Phase de poussée nous pouvons voir également que l'angle du Genou évolue en avance par rapport à l'angle de la Hanche, et finalement dans la Phase aérienne l'angle du Genou évolue de nouveau en retard par rapport à l'angle de la Hanche.

Grab Start:

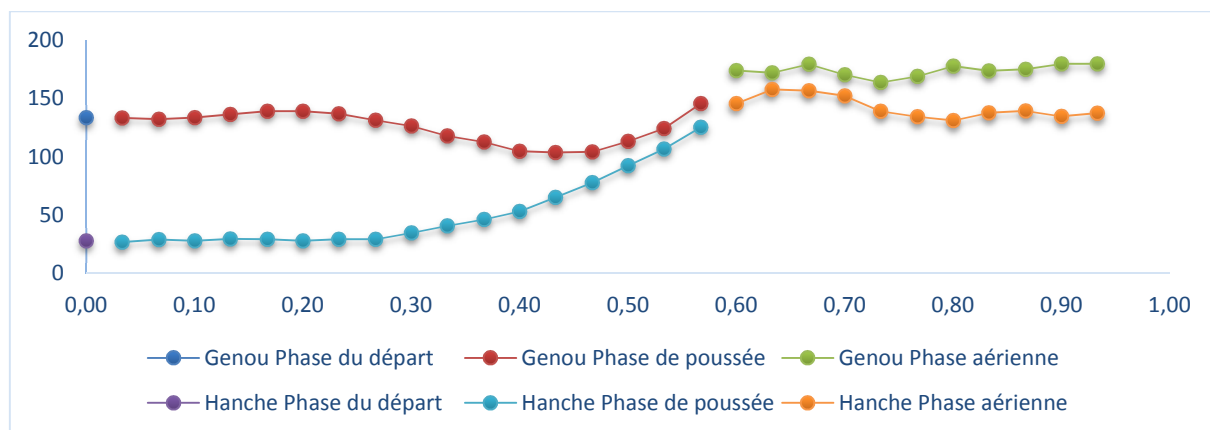


Figure 20 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 1 (nageur de fond) ;Gauche ;Grab Start.

Sur ce graphique, nous constatons que dans les deux premières phases, l'angle du genou et de la hanche sont pratiquement immobiles, avec une extension de la hanche, et une légère flexion puis extension de l'angle du genou à la fin de la période de la poussée ceci est dû au transfert de poids opéré par le nageur préparant sa phase d'envol, pendant la phase aérienne, une légère

flexion de l'angle du genou et de la hanche est observé avec une déstabilisation des deux angles à la fin de cette phase.

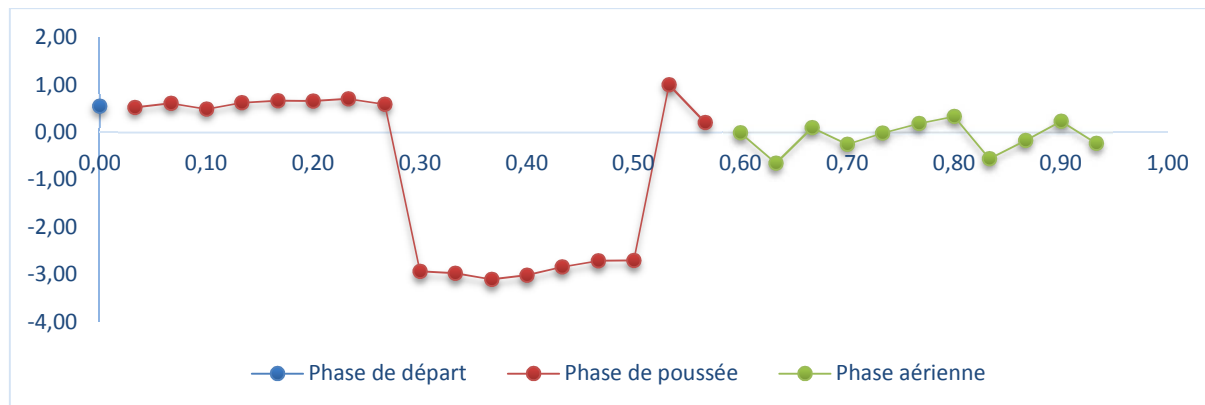


Figure 21 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 1 (nageur de fond) ;Gauche ;Grab Start.

Nous remarquons qu'au départ l'angle du Genou évolue en retard par rapport à l'angle de la Hanche, puis au milieu de la Phase de poussée nous pouvons remarquer une courbe importante ou l'angle du Genou a de l'avance par rapport à l'angle de la Hanche, et vers la fin l'évolution de l'angle du Genou et de la Hanche est inconstante.

1.2 JEUNE ATHLETE 2 (SPRINTER):

1.2.1 Droite:

Track Start:

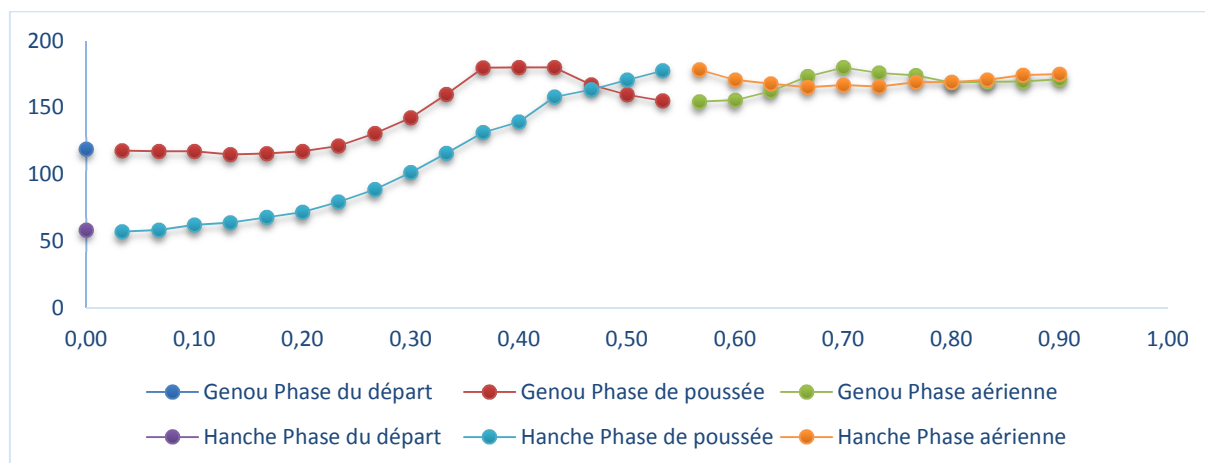


Figure 22 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 2 (sprinter) ;Droite; Track Start.

Nous observons sur ce graphique dans la première phase et la première période de la phase de poussée l'angle de hanche et du genou sont inerte, et dans la deuxième période de cette même phase nous remarquons une extension importante de l'angle du genou et de la hanche, avant que ce dernier se stabilise dans la phase aérienne, tandis que l'angle du genou évolue de nouveau en flexion avant de se stabiliser dans cette dernière phase.

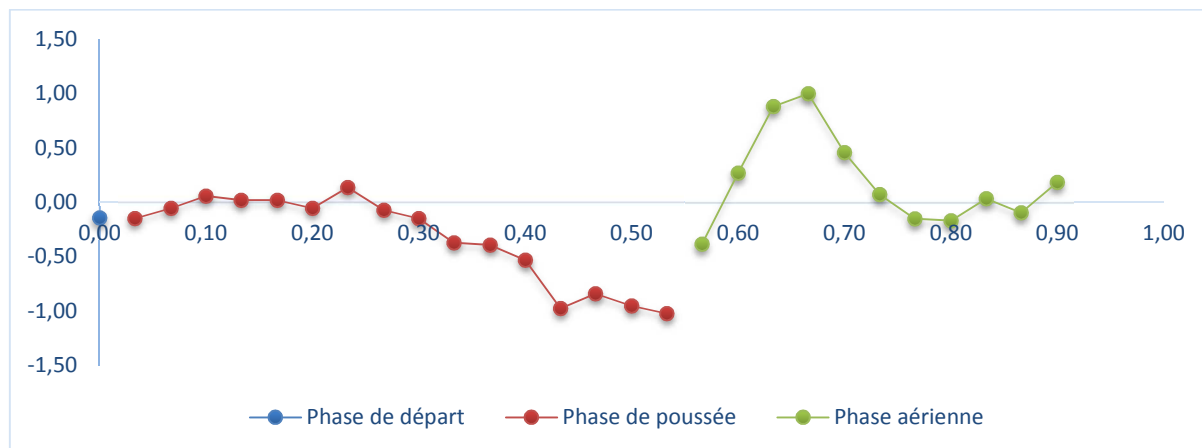


Figure 23 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 2 (sprinter) ; Droite; Track Start.

Nous remarquons sur ce graphique que l'angle du Genou est en avance par rapport à celui de la Hanche pendant la phase de départ et la première période de la poussée, et vers la fin de la phase aérienne il a du retard par rapport à l'angle de la Hanche.

Grab Start :

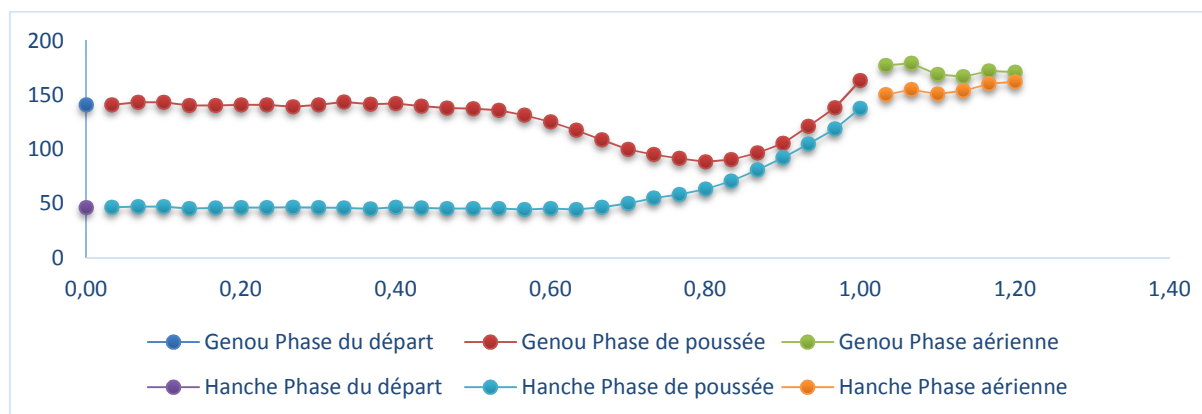


Figure 24 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 2 (sprinter) ; Droite; Grab Start.

Sur ce graphique, nous constatons que dans les deux premières phases, l'angle du genou et de la hanche sont pratiquement immobile, avec une extension de l'angle de la hanche, et une

flexion puis une extension de celui du genou à la fin de la période de la poussée ceci est dû au transfert de poids, pendant la phase aérienne, une stabilisation des deux angles est observée.

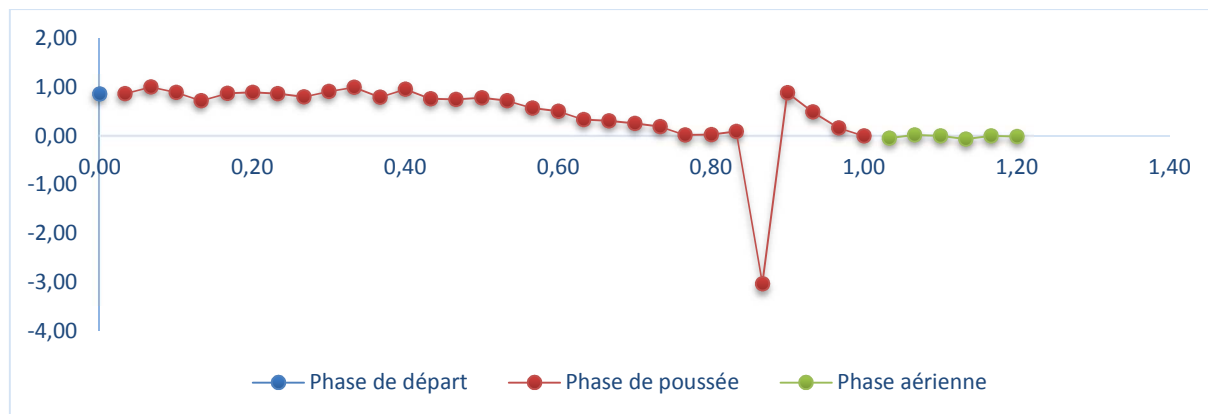


Figure 25 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 2 (sprinter) ; Droite; Grab Start.

Nous constatons que l'angle du Genou est en retard par rapport à l'angle de la Hanche dans les deux premières phases et pendant la dernière phase aérienne, l'angle du Genou et de la Hanche sont au même stade d'évolution.

1.2.2 Gauche :

Track Start :

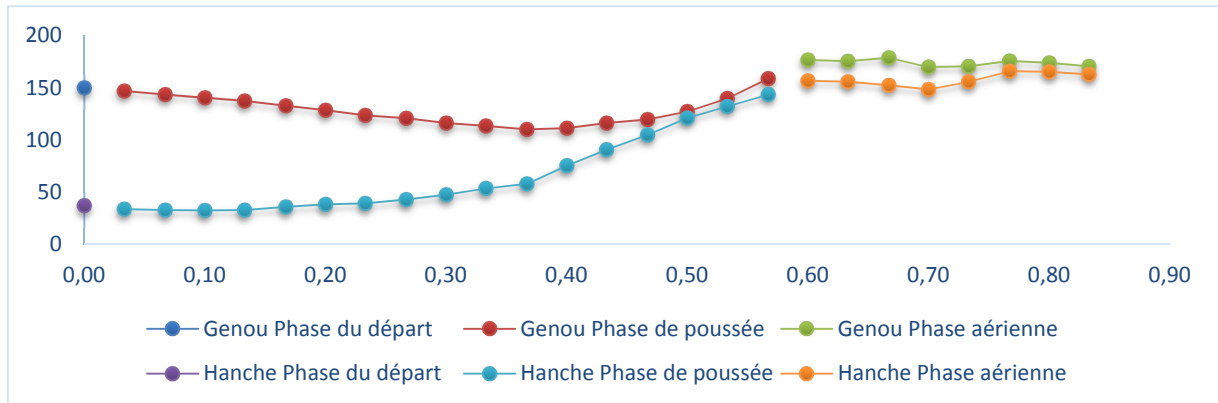


Figure 26 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 2 (sprinter) ;Gauche; Track Start.

Sur ce graphique nous constatons que dans la première phase et la première période de la deuxième phase, l'angle du genou et de la hanche sont pratiquement immobiles, avec une extension de l'angle de la hanche, et une légère flexion puis extension de celui du genou à la dernière période de la phase de poussée, et pendant la phase aérienne, une stabilisation des deux angles est observée.

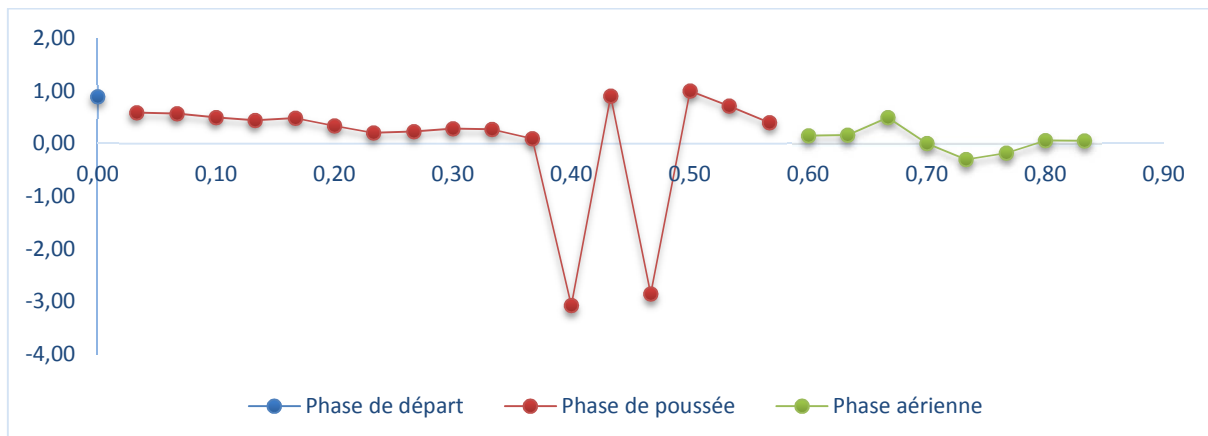


Figure 27 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 2 (sprinter) ;Gauche; Track Start.

Pendant la Phase du départ et la majorité de la Phase de poussée et la Phase aérienne l'angle du Genou est en retard par rapport à la Hanche.

Grab Start :

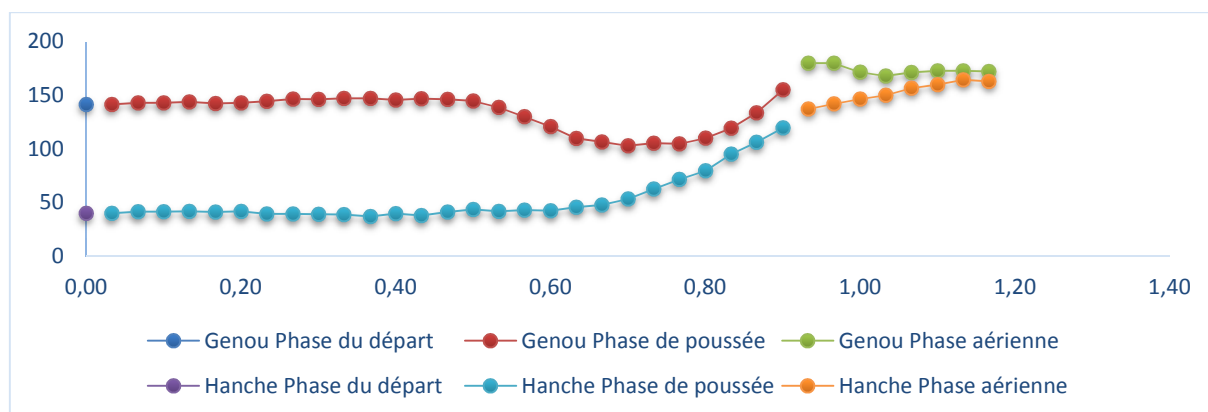


Figure 28 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 2 (sprinter) ;Gauche; Grab Start.

Sur ce graphique, nous constatons que dans les deux premières phases, l'angle du genou et de la hanche sont pratiquement immobiles, avec une légère flexion puis une extension de l'angle du genou à la fin de la période de la poussée, et une extension de l'angle de la hanche jusqu'à la fin de la phase aérienne, tandis que l'angle du genou se stabilise dans cette dernière phase.

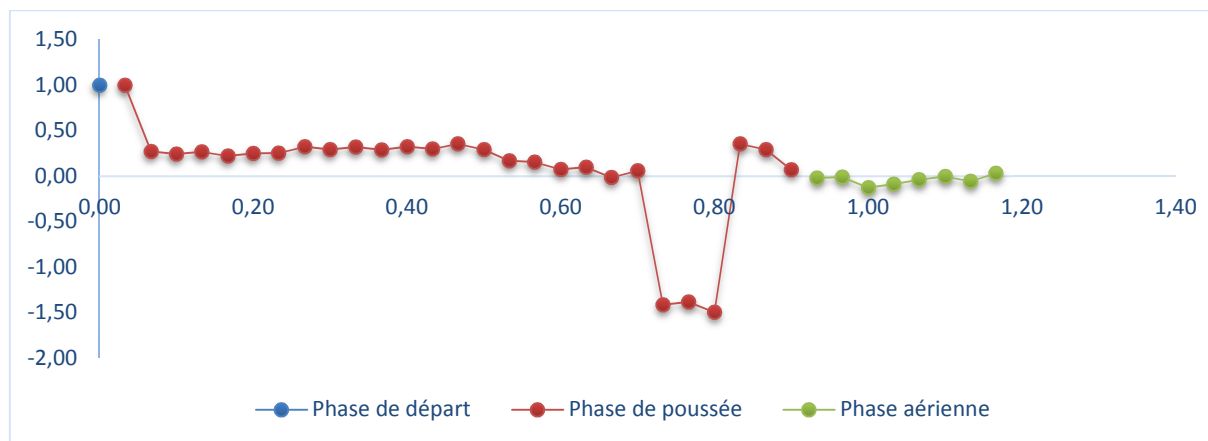


Figure 29 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 2 (sprinter) ;Gauche; Grab Start.

Sur ce graphique nous pouvons observer que l'angle du Genou est en retard par rapport à l'angle de la Hanche durant toutes les phases pratiquement.

1.3 JEUNE ATHLETE 3 (SPRINTER) :

1.3.1 Droite :

Track Start:

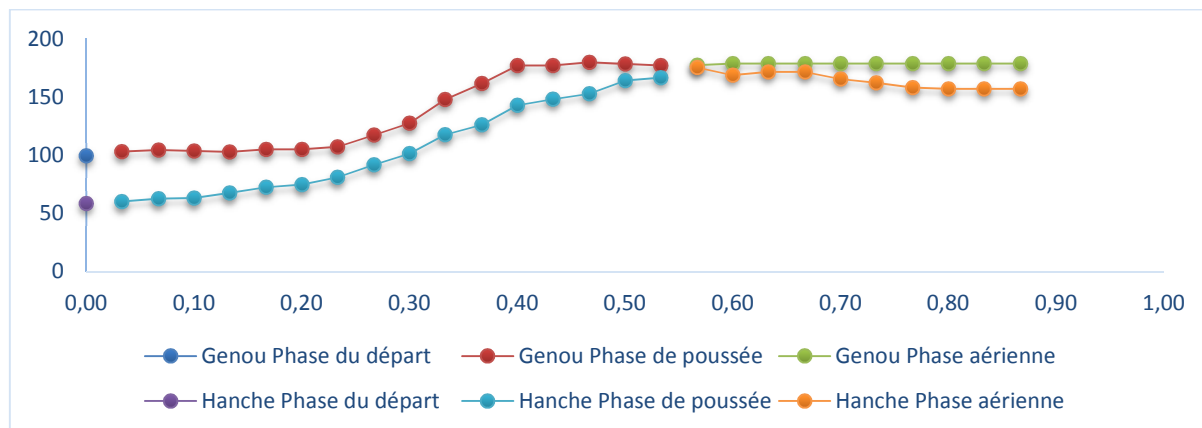


Figure 30 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 3 (sprinter); Droite; Track Start.

Sur ce graphique, nous pouvons constater que dans les deux premières phases, l'angle du genou et de la hanche sont pratiquement immobiles, et au commencement de la deuxième période de cette même phase nous observons une extension du genou et de la hanche jusqu'à la fin de la phase de poussée, et pendant la phase aérienne nous remarquons une évolution constante et une stabilisation des deux angles.

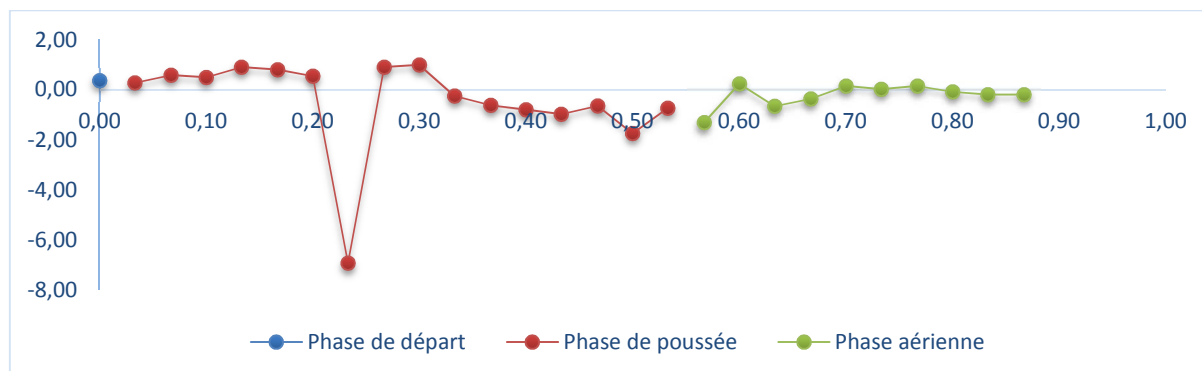


Figure 31 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 3 (sprinter); Droite; Track Start.

Pendant la Phase du départ et le début de la Phase de poussée l'angle du Genou est en retard par rapport à l'angle de la Hanche et vers la fin de de la Phase de poussée et la Phase aérienne l'angle du Genou est en avance par rapport à la Hanche.

Grab Start:

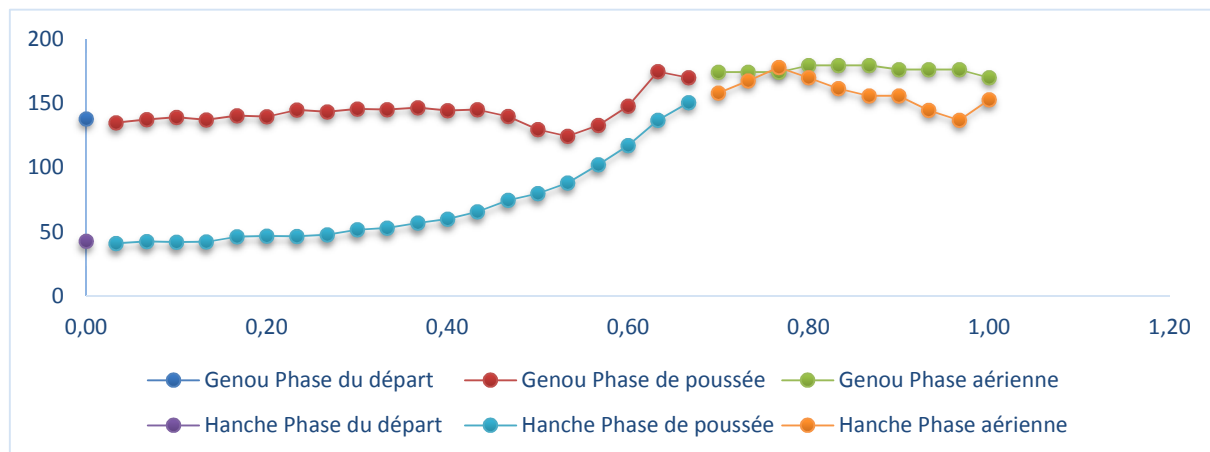


Figure 32 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 3 (sprinter); Droite; Grab Start.

Sur ce graphique, nous pouvons constater que dans les deux premières phases, l'angle du genou et de la hanche sont pratiquement immobiles, avec une légère flexion puis une extension de l'angle du genou à la fin de la période de la poussée, et une extension de l'angle de la hanche jusqu'à la première période de la phase aérienne ou elle commence à se fléchir jusqu'à la fin, tandis que l'angle du genou se stabilise à nouveau dans cette dernière phase.

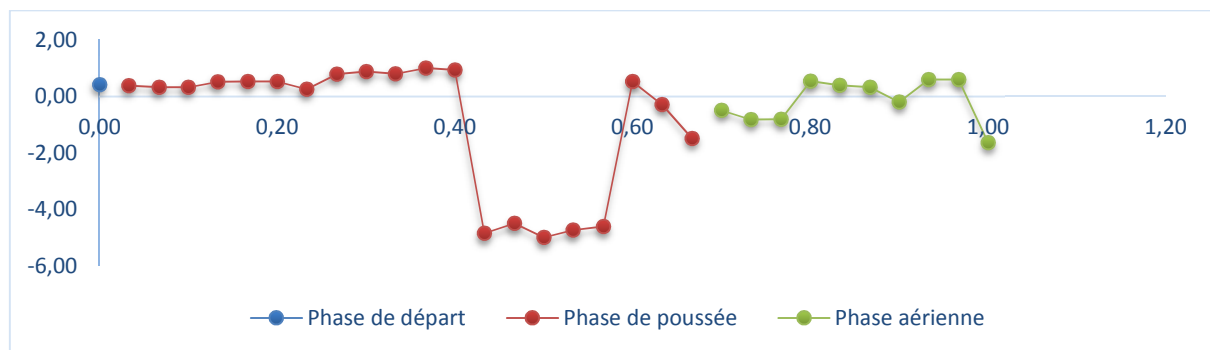


Figure 33 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 3 (sprinter); Droite; Grab Start.

Ici, l'angle du Genou est en retard par rapport à l'angle de la Hanche du début de la Phase du départ jusqu'à la courbe au milieu de la Phase poussée ou l'angle du Genou est en avance par rapport à l'angle de la Hanche jusqu'à la fin de cette phase, et pendant la Phase aérienne l'évolution des deux angles est inconstante.

1.3.2 Gauche :

Track Start :

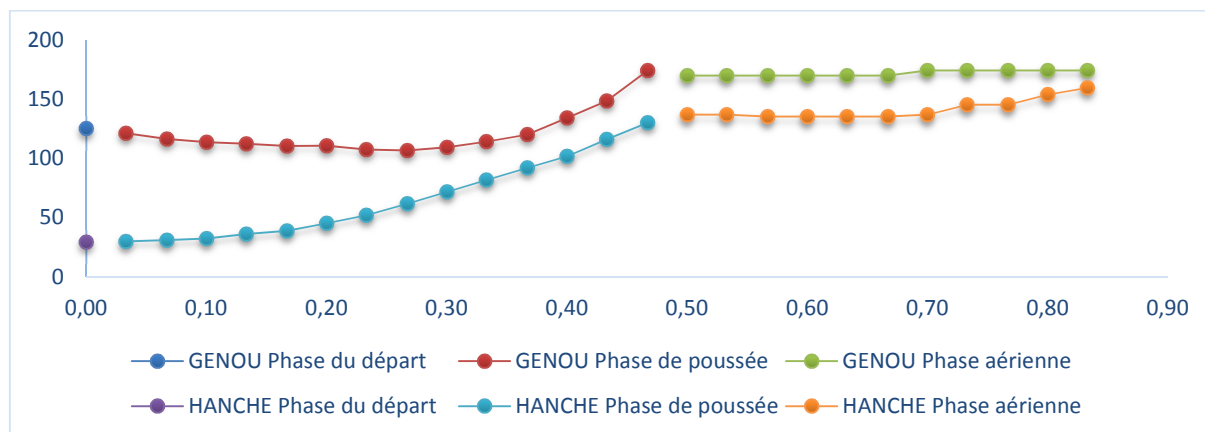


Figure 34 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 3 (sprinter);Gauche ; Track Start.

Sur ce graphique, nous constatons que dans la première phase et la première période de la deuxième phase, l'angle du genou et de la hanche sont inertes, mais à partir de la deuxième période une extension de ces deux derniers jusqu'à la fin de la phase de poussée est remarquable, pendant la phase aérienne, les.

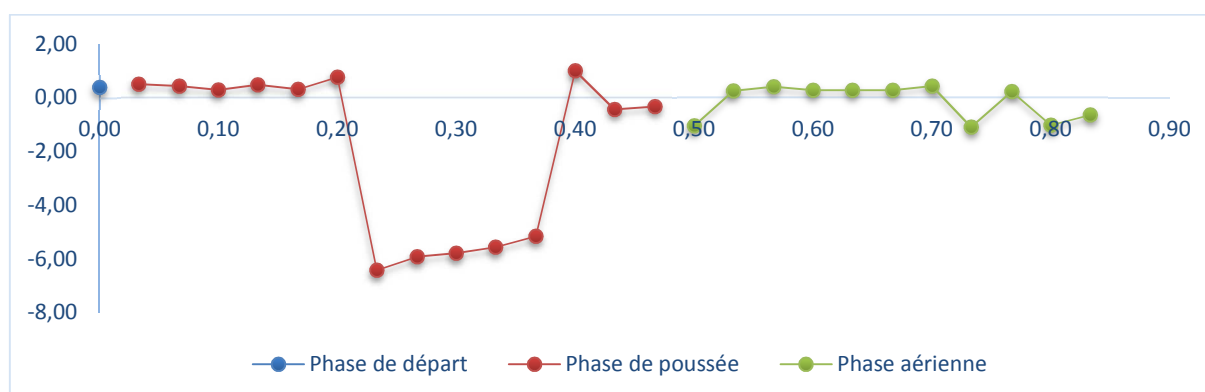


Figure 35 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 3 (sprinter);Gauche ; Track Start.

Nous remarquons ici aussi que l'angle du Genou est en retard par rapport à Hanche du début de la Phase du départ jusqu'au milieu de la Phase de poussée ou on remarque une courbe importante, l'angle du Genou est en avance par rapport à Hanche jusqu'à la Phase aérienne ou l'angle du Genou et de la Hanche évoluent en constance généralement.

Grab Start:

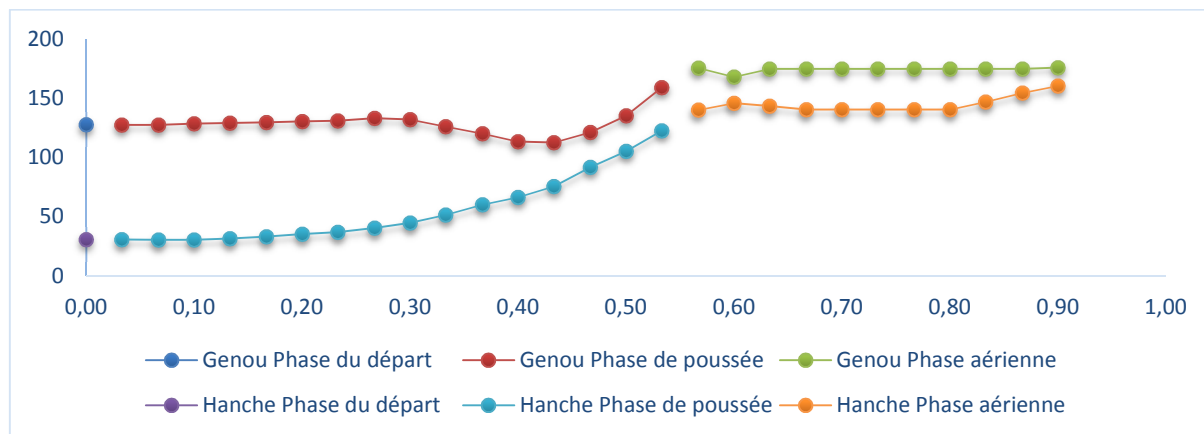


Figure 36 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 3 (sprinter);Gauche ; Grab Start.

Sur ce graphique, nous pouvons constater que dans les deux premières phases, l'angle du genou et de la hanche sont pratiquement immobiles, avec une extension de l'angle de la hanche, et une légère flexion puis extension de l'angle du genou à la fin de la période de la poussée, tandis que pendant la phase aérienne les deux angles évoluent dans la même constance.

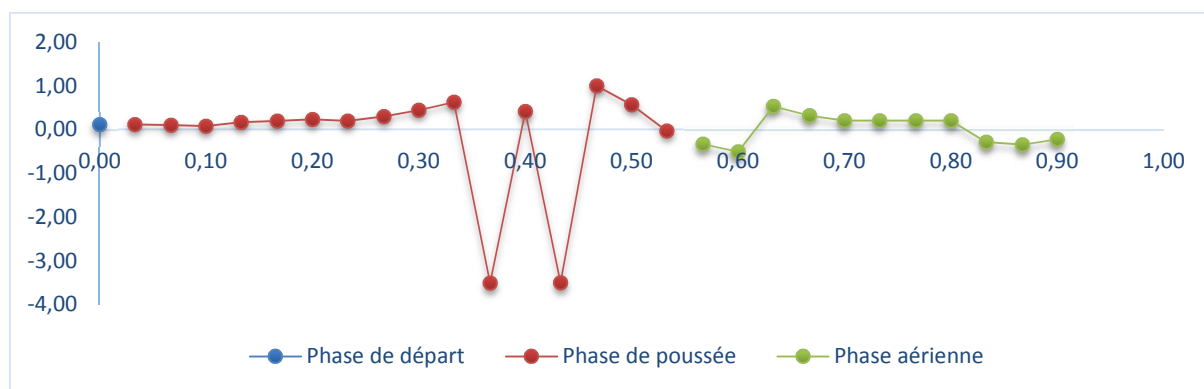


Figure 37 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 3 (sprinter);Gauche ; Grab Start.

Ici on peut constater que l'angle du Genou est en retard par rapport à l'angle de la Hanche en constance dans généralement toutes les trois phases.

1.4 JEUNE ATHLETE 4 (SPRINTER) :

1.4.1 Droite :

Track Start:

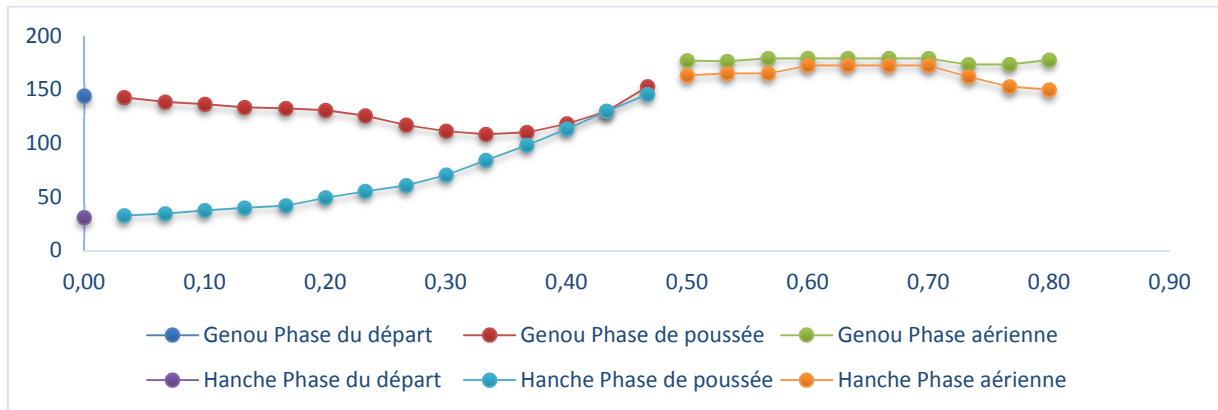


Figure 38 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 4 (sprinter); Droite ; Track Start.

Sur ce graphique, nous observons dans les deux premières phases, le genou et la hanche sont pratiquement inertes, et au commencement de la deuxième période de cette même phase nous observons une extension de l'angle de la hanche, et une légère flexion puis extension de l'angle du genou jusqu'à la fin de la phase de poussée, et pendant la phase aérienne nous remarquons une stabilisation des deux angles.

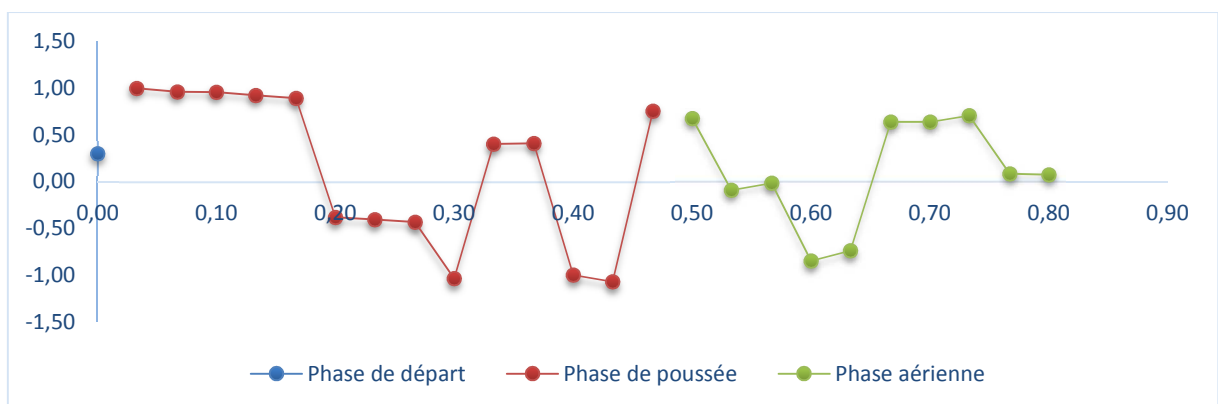


Figure 39 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 4 (sprinter); Droite ; Track Start.

Sur ce graphique, nous remarquons plein de courbes irrégulières qui nous laissent constater que l'évolution des deux angles du Genou et de la Hanche est inconstante, ou l'angle du Genou est en retard par rapport à celui de la Hanche pendant la Phase du départ et le début de la Phase de poussée, au milieu de cette dernière l'angle du Genou est en avance généralement jusqu'au commencement de la dernière période de la Phase aérienne.

Grab Start :

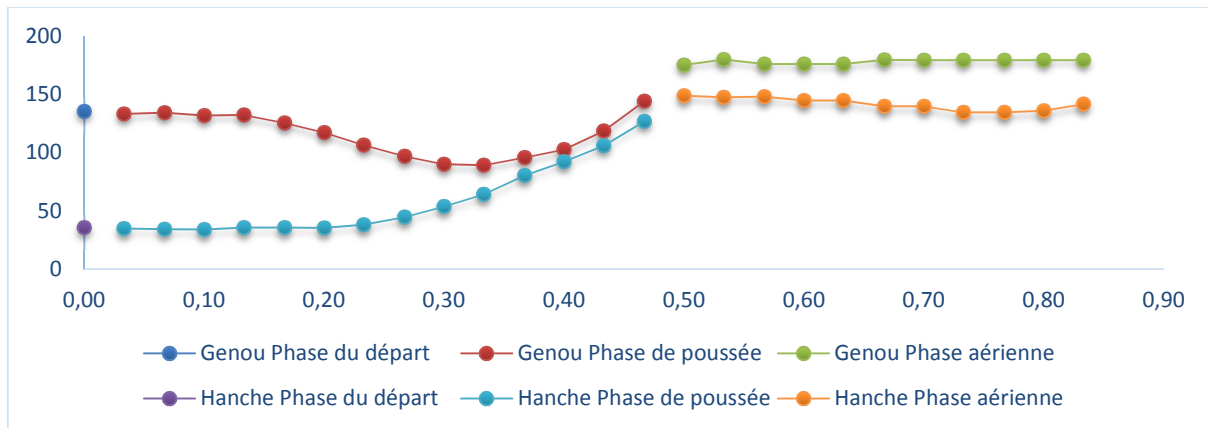


Figure 40 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 4 (sprinter); Droite ; Grab Start.

Ici, nous observons dans les deux premières phases, l'angle du genou et de la hanche sont pratiquement inertes, et au commencement de la deuxième période de cette même phase nous observons une extension de l'angle la hanche, et une légère flexion puis extension de celui du genou jusqu'à la fin de la phase de poussée, et pendant la phase aérienne nous remarquons une stabilisation des deux angles.

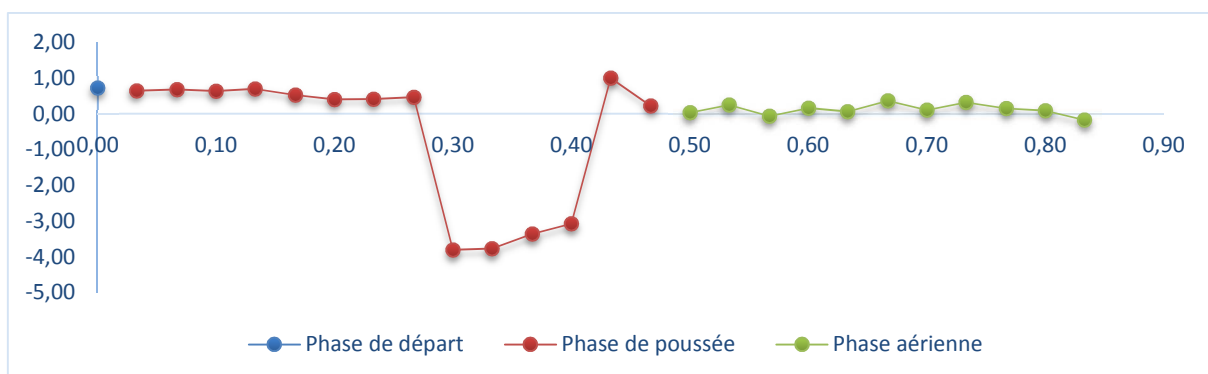


Figure 41 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 4 (sprinter); Droite ; Grab Start.

Nous observons ici que l'angle du Genou est en retard par rapport à l'angle de la Hanche du début de la Phase du départ jusqu'au milieu de la Phase de poussée ou l'angle du Genou est en

avance par rapport à l'angle de la Hanche jusqu'à la Phase aérienne ou l'angle du Genou sera de nouveau en retard par rapport à la Hanche.

1.4.2 Gauche :

Track Start :

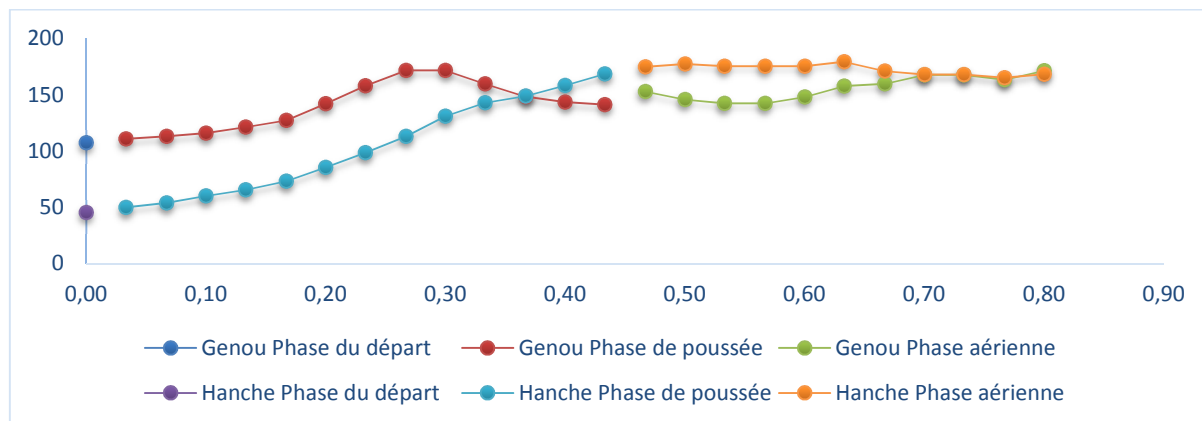


Figure 42 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 4 (sprinter);Gauche ; Track Start.

Nous observons dans la première phase et la première période de la phase de poussée que l'angle de la hanche et du genou sont inerte, et dans la deuxième période de cette même phase nous remarquons une extension importante de l'angle du genou et de la hanche, avant que cette dernière se stabilise dans la phase aérienne, tandis que l'angle du genou évolue de nouveau en flexion avant de se stabiliser et d'évoluer en constance par rapport à la hanche dans cette dernière phase.

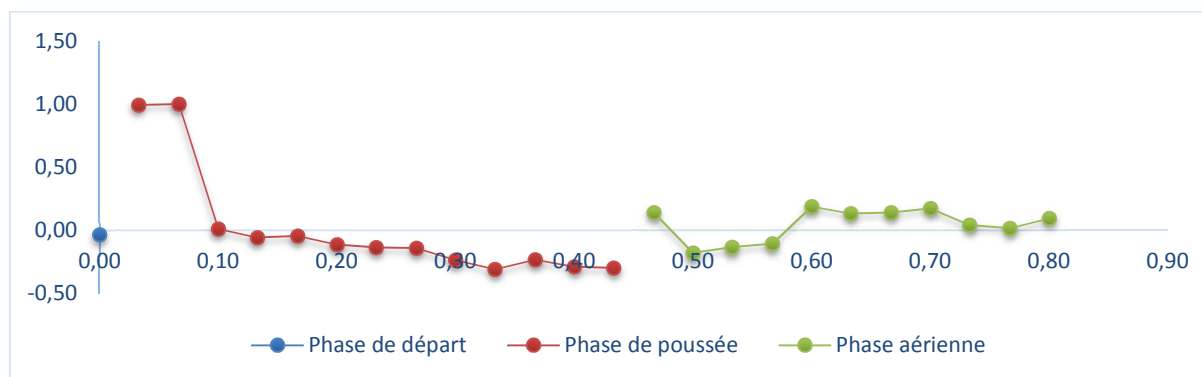


Figure 43 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 4 (sprinter);Gauche ; Track Start.

Pendant la première et la majorité de la deuxième phase l'angle du Genou est en avance par rapport à la Hanche, et pendant la dernière phase l'angle du Genou est en retard par rapport à la Hanche.

Grab Start:

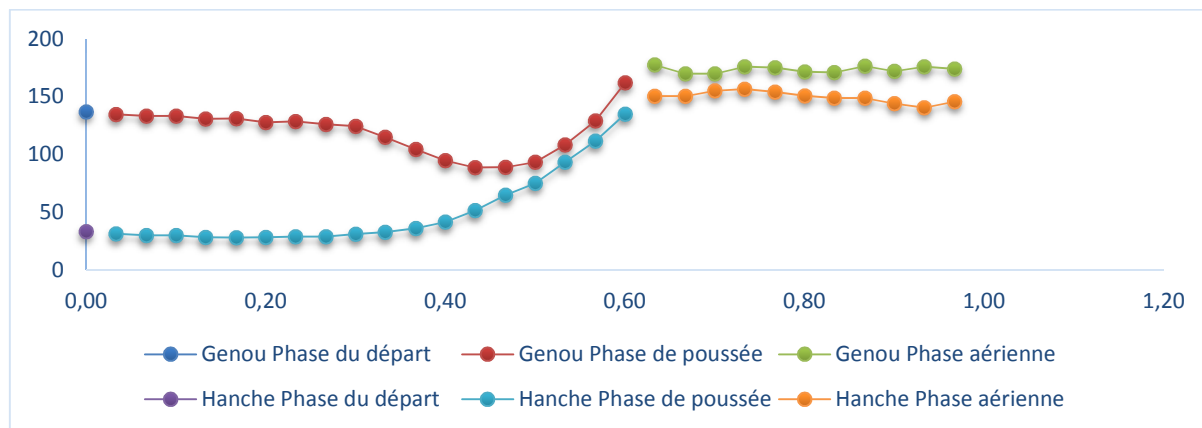


Figure 44 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 4 (sprinter);Gauche ; Grab Start.

Sur ce graphique, nous observons dans les deux premières phases, l'angle du genou et de la hanche qui sont pratiquement inertes, et au commencement de la deuxième période de cette même phase nous observons une extension de l'angle de la hanche, et une légère flexion puis extension de celui du genou jusqu'à la fin de la phase de poussée, et pendant la phase aérienne nous remarquons une stabilisation des deux angles.

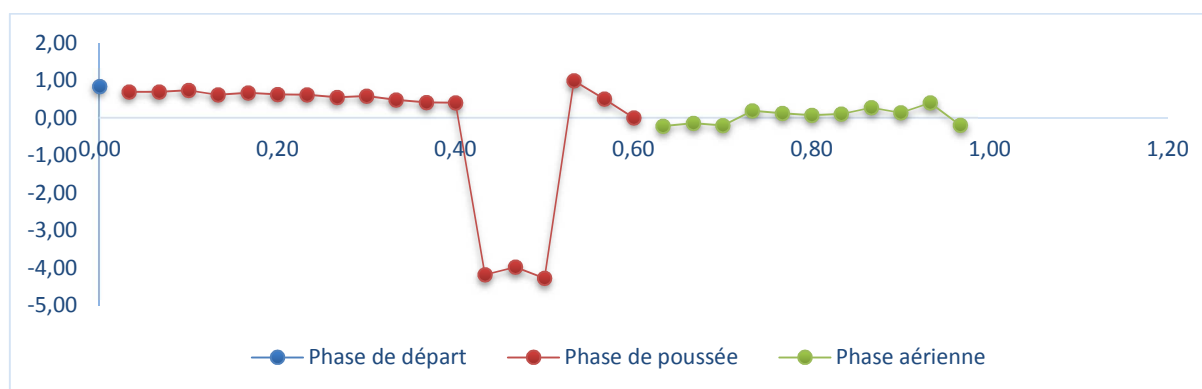


Figure 45 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 4 (sprinter);Gauche ; Grab Start.

Nous remarquons sur ce graphique que l'angle du Genou est en retard par rapport à l'angle de la Hanche du début de la Phase départ jusqu'à la courbe au milieu de la Phase de poussée, ou l'angle du Genou est en avance par rapport à l'angle de la Hanche jusqu'à la Phase aérienne, ou l'angle du Genou sera à nouveau en retard par rapport l'angle de la Hanche.

1.5 JEUNE ATHLETE 5 (NAGEUR DE FOND) :

1.5.1 Droite :

Track Start :

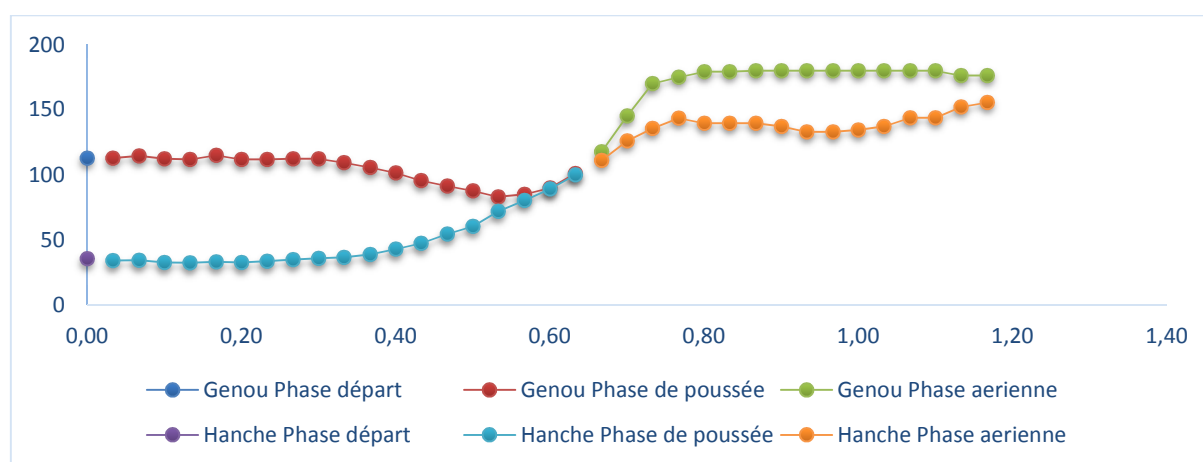


Figure 46 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 5 (nageur de fond);Droite ; Track Start.

Sur ce graphique, nous observons dans la première et le début de la deuxième phase, que les deux angles sont immobiles, avec une extension de la hanche, et une flexion remarquable puis une extension de l'angle du genou jusqu'au début de la phase aérienne, et pendant cette phase nous remarquons une stabilisation des deux angles (genou et hanche).

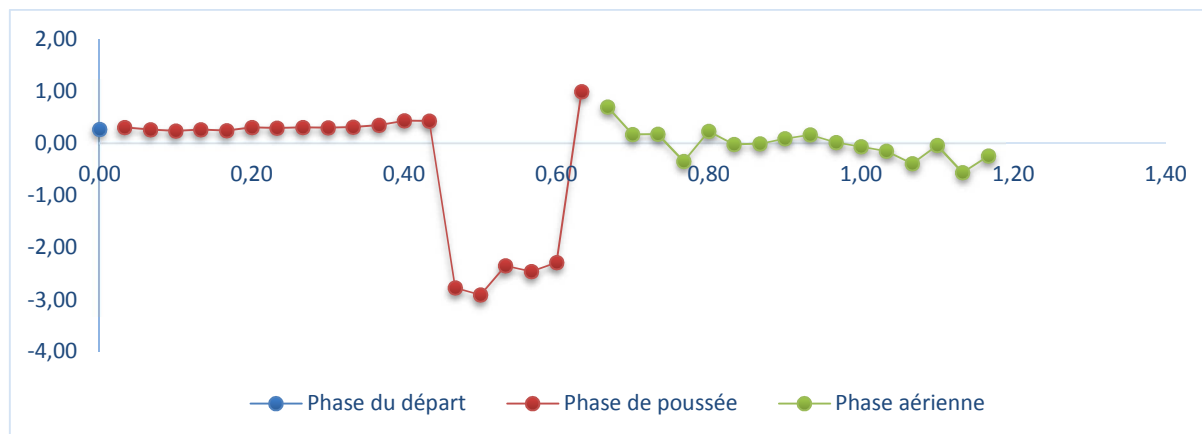


Figure 47 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 5 (nageur de fond); Droite ; Track Start.

Pendant la Phase du départ et le début de la Phase de poussée nous remarquons que l'évolution tardive de l'angle du Genou par rapport à celui de la Hanche est constante jusqu'à la deuxième période où on observe une courbe importante qui nous montre que l'angle du Genou est en avance par rapport à l'angle de la Hanche, et pendant la dernière phase l'évolution de l'angle du Genou par rapport à l'angle de la Hanche est irrégulière et inconstante.

Grab Start :

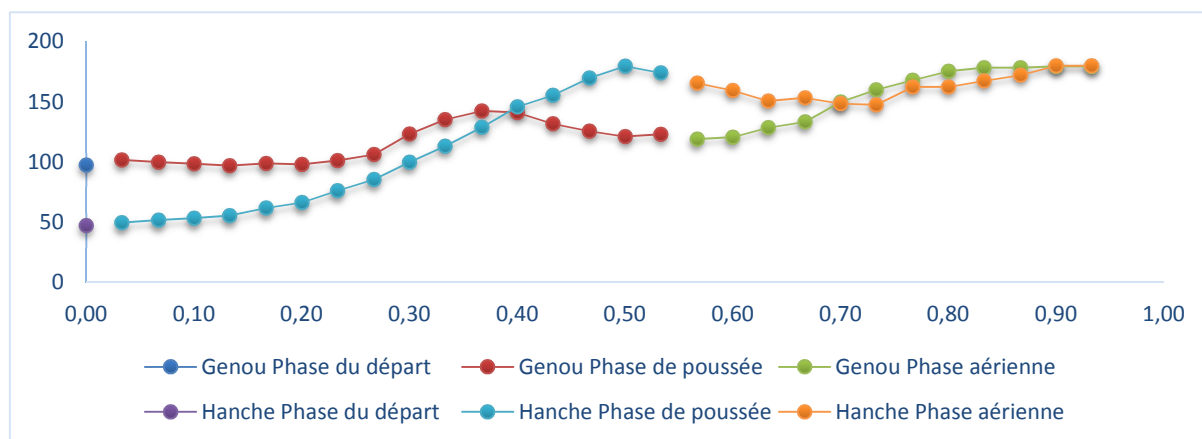


Figure 48 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 5 (nageur de fond); Droite ; Grab Start.

Sur ce graphique, nous remarquons que pendant la première phase l'angle du genou et la hanche sont inertes, mais à partir de la deuxième période de la phase poussée nous observons une légère extension suivis d'une flexion de l'angle du genou par contre celui de la hanche évolue en extension jusqu'à la fin de cette phase, ou il commence à se fléchir légèrement avant de se

stabiliser vers la fin de la phase aérienne tandis que l'angle du genou s'étend et se stabilise vers la fin de cette dernière phase.

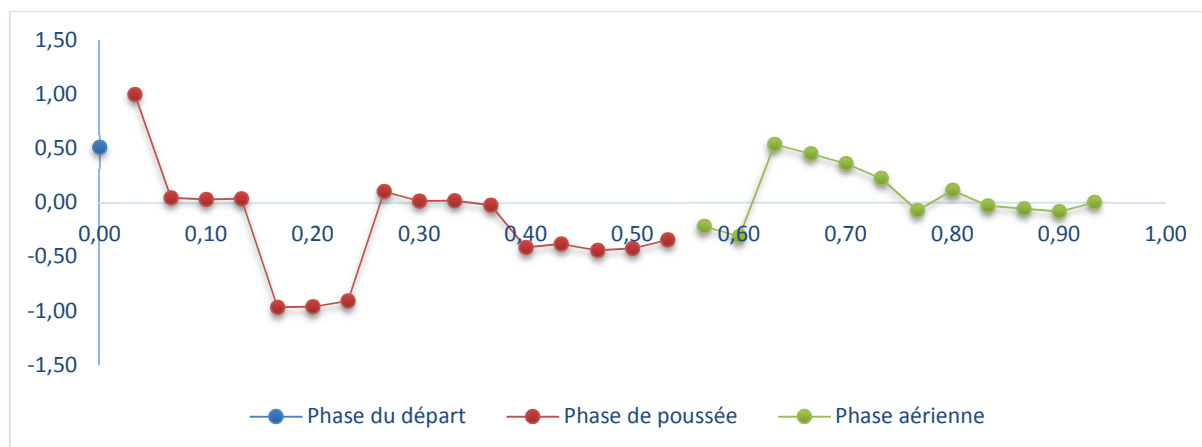


Figure 49 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 5 (nageur de fond); Droite ; Grab Start.

Pendant la première Phase et au début de la Phase de poussée l'angle du Genou est en retard par rapport à l'angle de la Hanche, pendant les 2 courbes qui suivent l'angle du Genou est en avance par rapport à l'angle de la Hanche et vers la fin de la Phase aérienne l'angle du Genou est de nouveau en retard par rapport à l'angle de la Hanche.

1.5.2 Gauche :

Track Start:

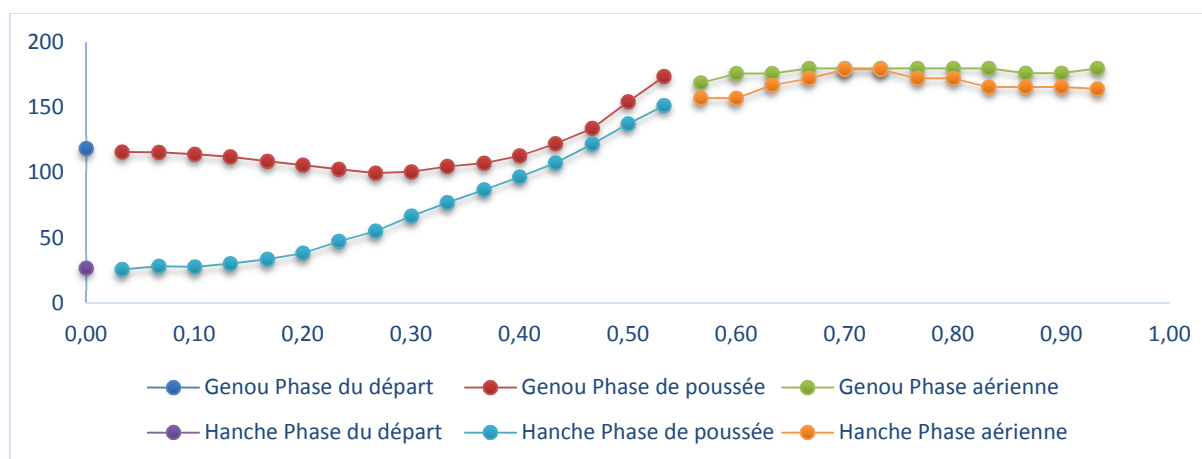


Figure 50 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 5 (nageur de fond); Gauche ; Track Start.

Nous observons dans la première et le début de la deuxième phase que les deux articulations sont pratiquement inertes, avec une extension importante de l'angle de la hanche, et une légère flexion suivis d'une extension de celui du genou jusqu'au début de la phase aérienne, où nous remarquons une stabilisation des deux angles jusqu'à la fin (genou et hanche).

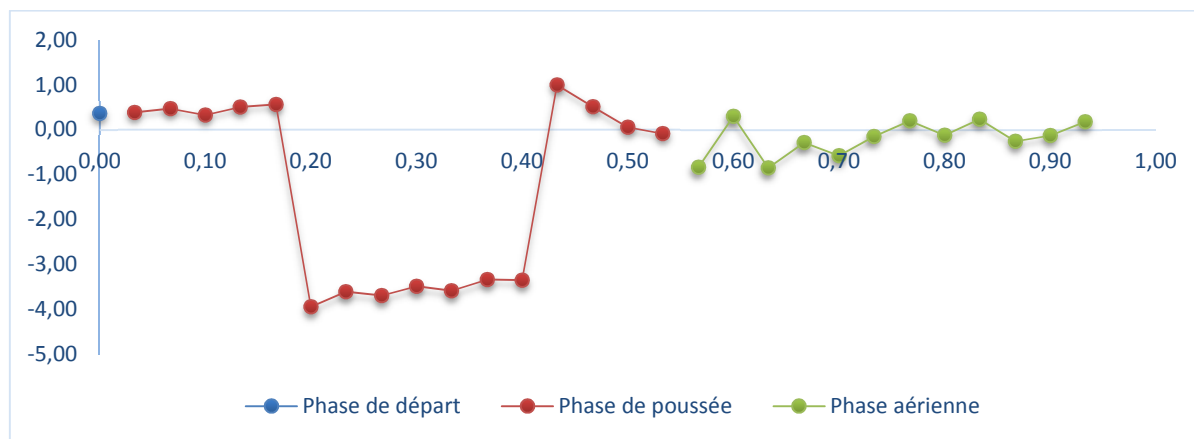


Figure 51 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 5 (nageur de fond); Gauche ; Track Start.

Pendant la Phase du départ et le début de la Phase de poussée nous constatons que l'angle du Genou est en retard par rapport à l'angle de la Hanche jusqu'à la fin de cette première période où nous observons une courbe importante qui nous montre que l'angle du Genou est en avance par rapport à l'angle de la Hanche, et pendant la dernière phase l'évolution de l'angle du Genou par rapport à l'angle de la Hanche est inconstante.

Grab Start :

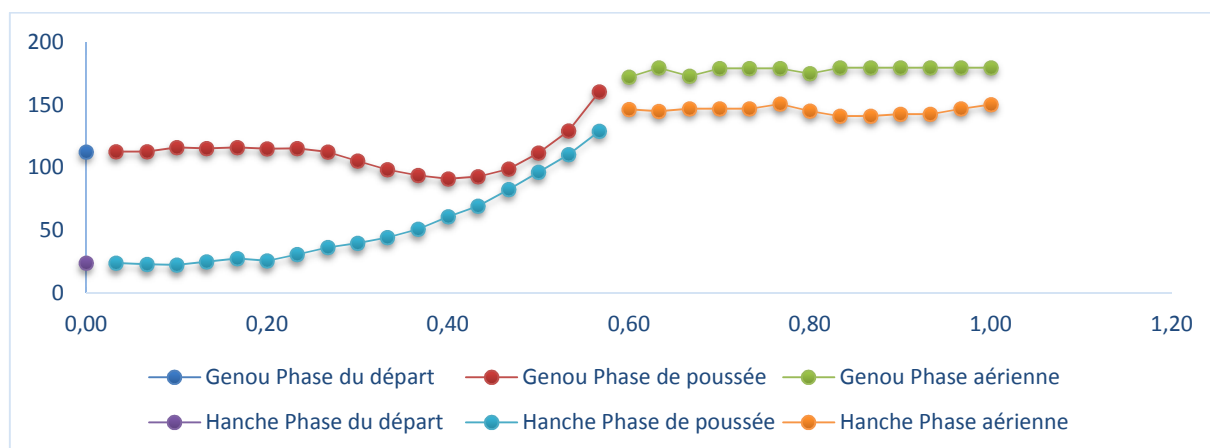


Figure 52 : Interprétation du profil cinématique du Jeune athlète 5 (nageur de fond); Gauche ; Grab Start.

Sur ce graphique, nous observons dans la première et le début de la deuxième phase que l'angle du genou et de la hanche sont immobiles, suivis d'une extension de l'angle de la hanche, et une flexion remarquable puis une extension de celui du genou jusqu'au début de la phase aérienne, où les deux articulations se stabilisent.

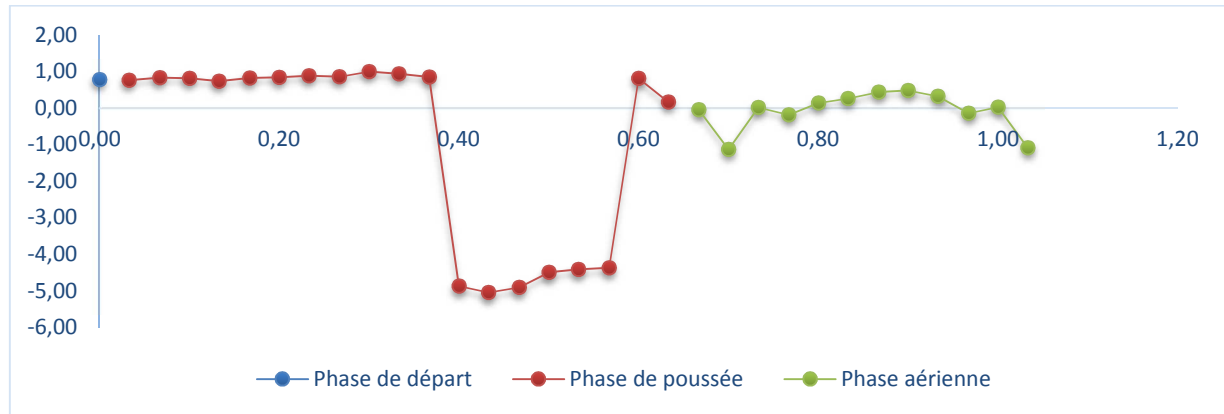


Figure 53 : Interprétation de la phase relative du Jeune athlète 5 (nageur de fond); Gauche; Grab Start.

Pendant la Phase du départ et le début de la Phase de poussée nous remarquons que l'évolution tardive de l'angle du Genou par rapport à l'angle de la Hanche est constante jusqu'à la fin de cette première période où nous pouvons observer une courbe importante qui nous montre que l'angle du Genou est en avance par rapport à l'angle de la Hanche, et pendant la dernière phase l'évolution de l'angle du Genou est généralement en retard par rapport à l'angle de la Hanche.

1.6 ATHLETE DELITE 1 (NAGEUR DE FOND) :

1.6.1 Droite :

Track Start :

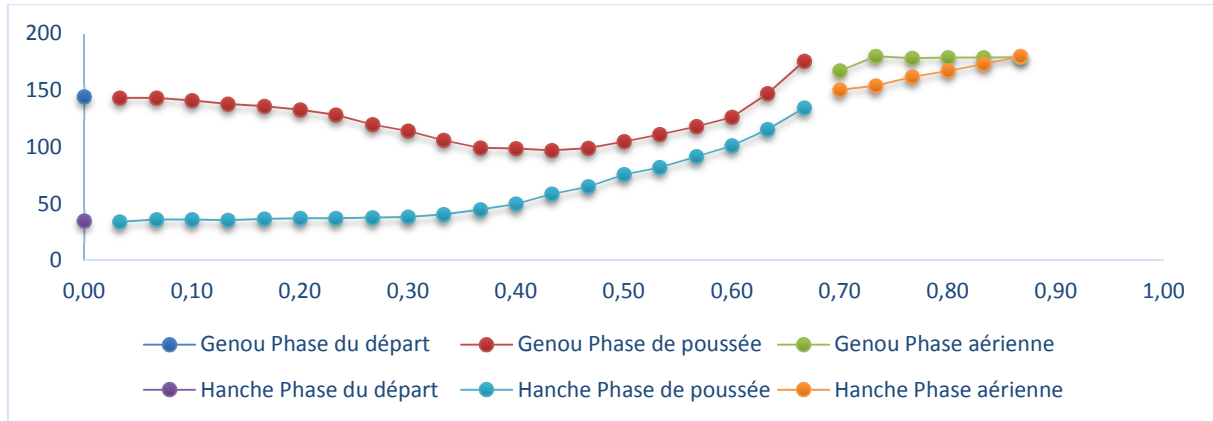


Figure 54 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète d'élite 1 (nageur de fond); Droite ; Track Start.

Sur ce graphique, nous pouvons constater que dans les deux premières phases, l'angle du genou et de la hanche sont pratiquement immobiles, avec une légère flexion puis une extension de l'angle genou à la fin de la période de la poussée, et une extension de l'angle de la hanche jusqu'à la fin de la phase aérienne, tandis que l'angle du genou se stabilise dans cette dernière phase.

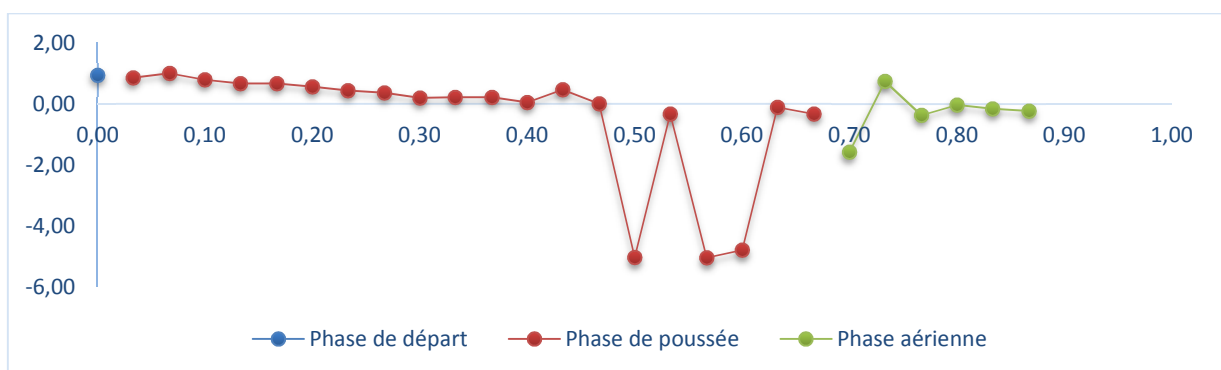


Figure 55 : Interprétation de la phase relative de l'athlète d'élite 1 (nageur de fond); Droite ; Track Start.

Pendant la Phase du départ et la majorité de la Phase de poussée l'angle du Genou est en retard par rapport à la Hanche, et à la fin de cette dernière l'angle du Genou reprend de l'avance par rapport à l'angle de la Hanche.

Grab Start :

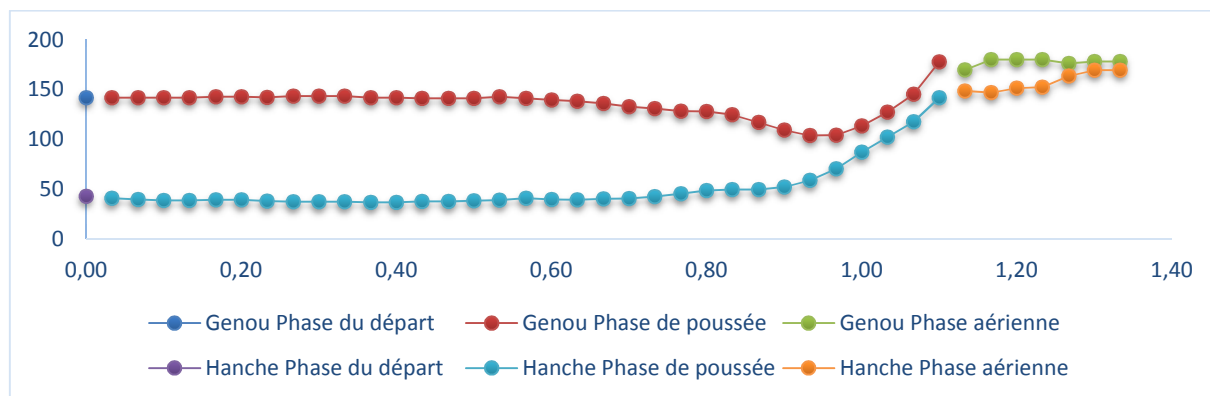


Figure 56 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète d'élite 1 (nageur de fond); Droite ; Grab Start.

Sur ce graphique, nous observons dans les deux premières phases, l'angle du genou et de la hanche qui sont pratiquement immobiles, avec une extension de l'angle de la hanche, et une légère flexion puis extension de l'angle du genou à la fin de la période de la poussée, et pendant la phase aérienne nous pouvons remarquer qu'il y'a une stabilisation des deux angles.

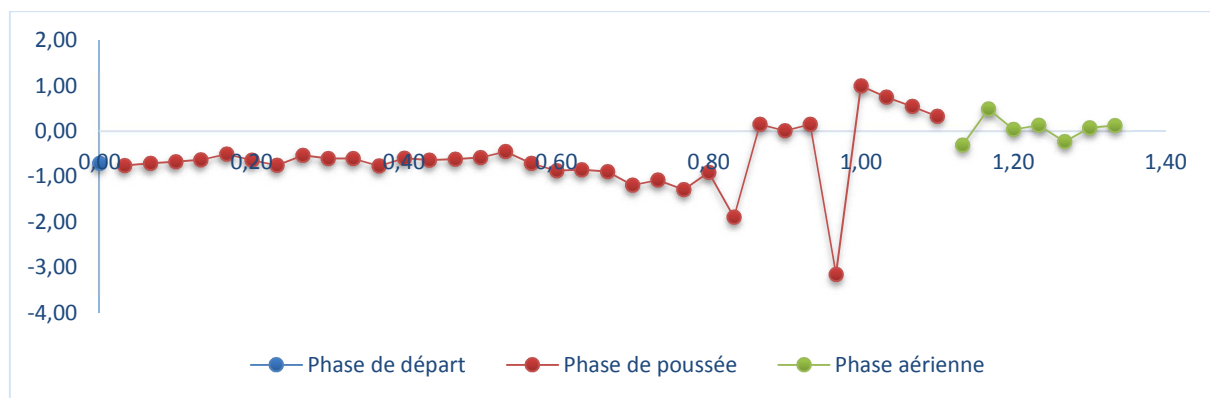


Figure 57 : Interprétation de la phase relative de l'athlète d'élite 1 (nageur de fond); Droite ; Grab Start.

Sur ce graphique, nous pouvons voir que l'angle du Genou est en avance par rapport à l'angle de la Hanche jusqu'à la fin de la Phase de poussée ou l'angle du Genou est en retard par rapport à la Hanche.

1.6.2 Gauche :

Track Start :

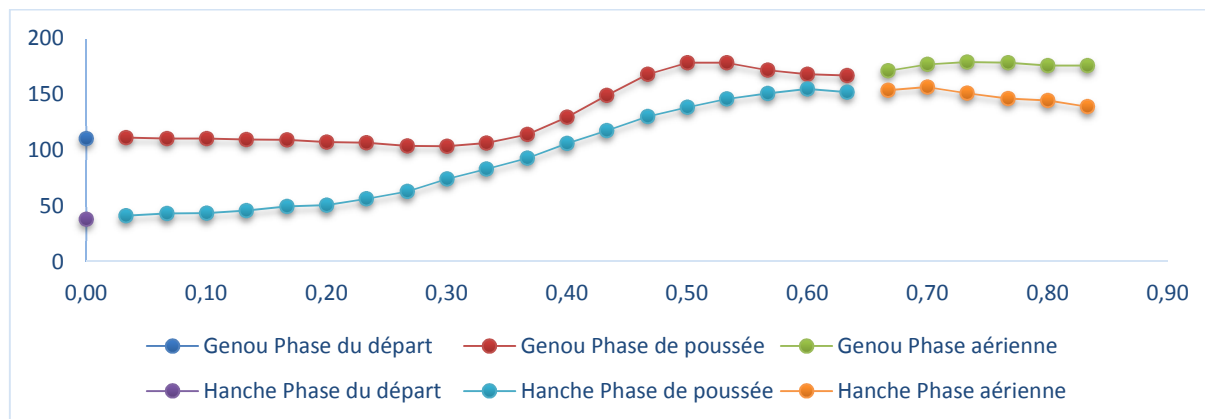


Figure 58 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète d'élite 1 (nageur de fond); Gauche ; Track Start

Sur ce graphique, nous constatons que dans la première phase et la première période de la deuxième phase, l'angle du genou et de la hanche sont pratiquement immobiles, avec une extension de ces deux derniers jusqu'à la fin de cette dernière période de la phase de poussée, pendant la phase aérienne, une stabilisation des deux angles est observée.

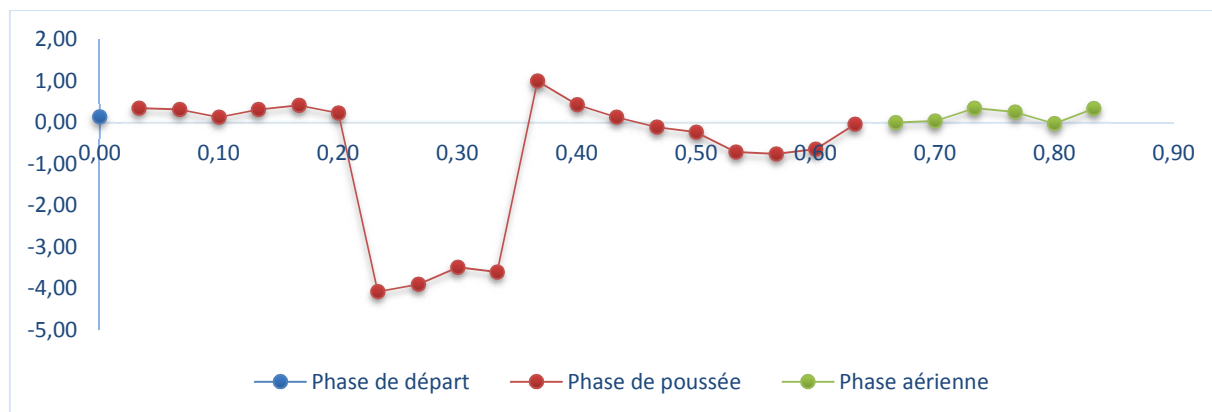


Figure 59 : Interprétation de la phase relative de l'athlète d'élite 1 (nageur de fond); Gauche ; Track Start.

Au début de ce graphique nous remarquons que l'angle du Genou est en retard par rapport à l'angle de la Hanche mais au milieu et à la fin de la Phase de poussée ou on remarque les deux courbes c'est l'angle du Genou qui est en avance par rapport à l'angle de la Hanche et pendant la Phase aérienne c'est ce dernier qui est en avance par rapport à l'angle du Genou.

Grab Start :

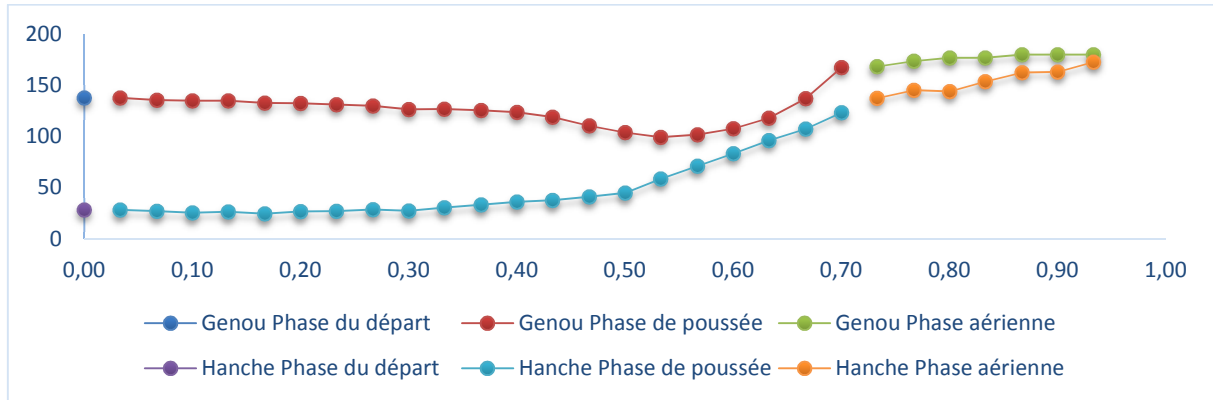


Figure 60 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète d'élite 1 (nageur de fond); Gauche; Grab Start.

Sur ce graphique, nous pouvons constater que dans les deux premières phases, l'angle du genou et de la hanche sont pratiquement immobiles, avec une légère flexion puis une extension du genou à la fin de la période de la poussée, et une extension de la hanche jusqu'à la fin de la phase aérienne, tandis que le genou se stabilise dans cette dernière phase.

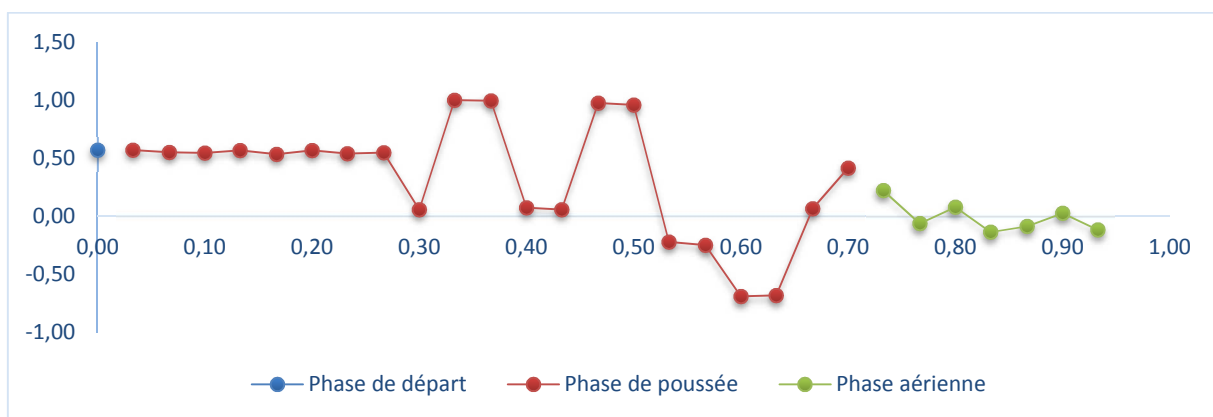


Figure 61 : Interprétation de la phase relative de l'athlète d'élite 1 (nageur de fond); Gauche; Grab Start.

On remarque ici que l'angle du Genou est en retard par rapport à l'angle de la Hanche jusqu'à la fin de la Phase de poussée ou l'angle du Genou est généralement en avance par rapport à l'angle de la Hanche.

1.7 ATHLETE D'ELITE 2 (SPRINTER) :

1.7.1 Droite :

Track Start:

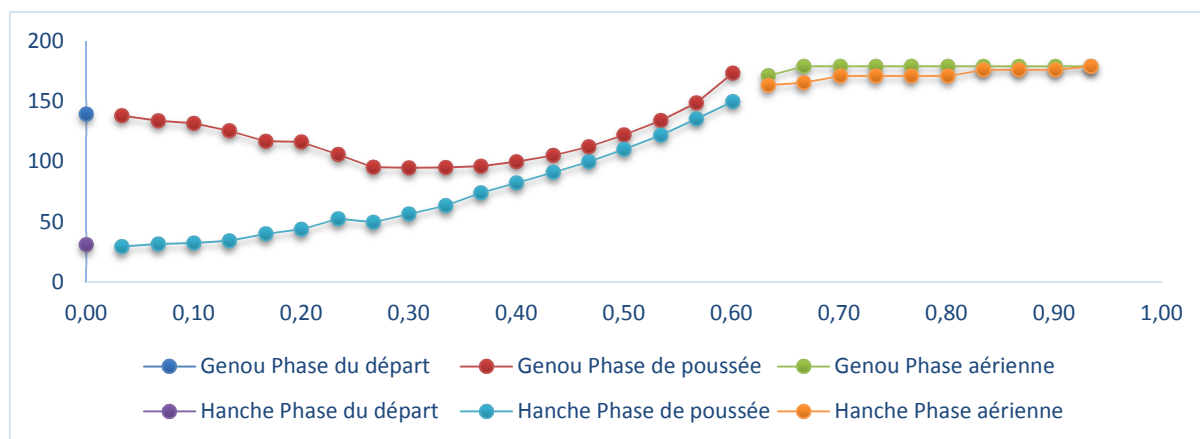


Figure 62 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète d'élite 2 (sprinter); Droite ; Track Start.

Sur ce graphique, nous observons dans la deuxième phase, une extension importante de l'angle de la hanche, et une flexion puis extension du genou jusqu'à la fin de la phase de poussée, et pendant la phase aérienne nous remarquons une stabilisation des deux angles (genou et hanche).

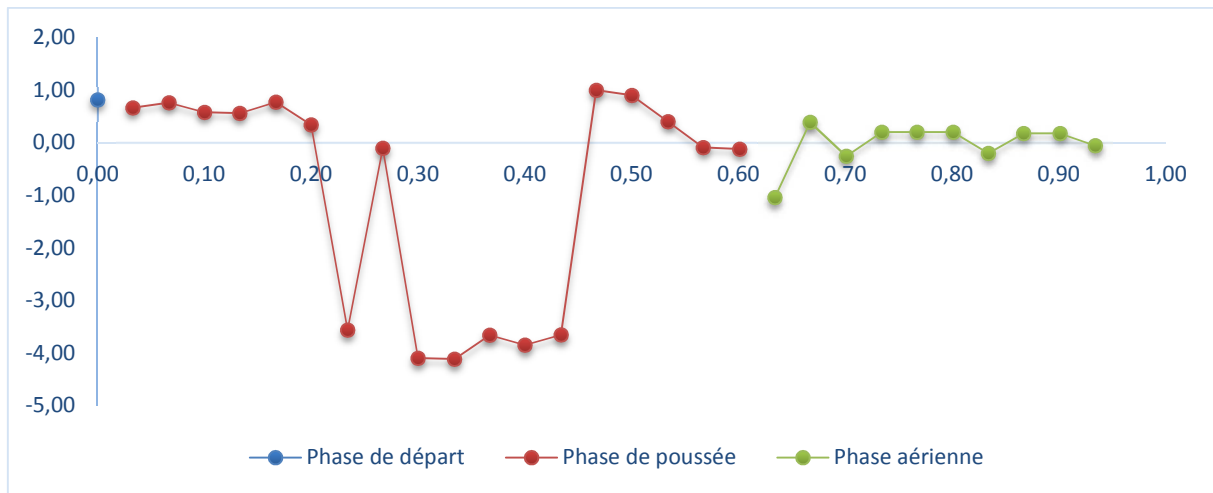


Figure 63 : Interprétation de la phase relative de l'athlète d'élite 2 (sprinter); Droite ; Track Start.

Dans la Phase du départ et le début de la Phase de poussée l'angle du Genou est en retard par rapport à l'angle de la Hanche et au moment de la courbe c'est l'angle du genou qui prend de l'avance sur la Hanche, avant de laisser l'angle de cette dernière à nouveau évoluer en avance par rapport au genou, pratiquement jusqu'à la fin.

Grab Start :

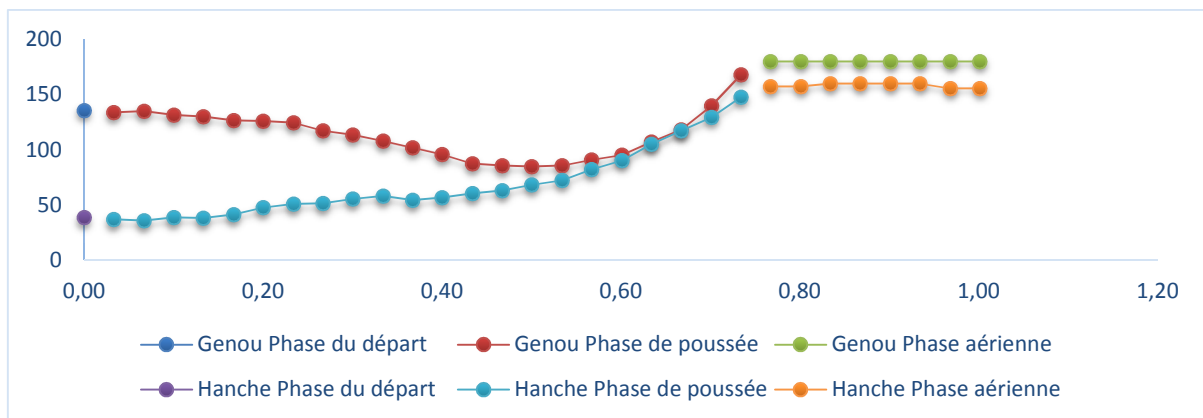


Figure 64 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète d'élite 2 (sprinter); Droite ; Grab Start.

Nous observons sur ce graphique dans la phase de la poussée, une extension de l'angle de la hanche, et une flexion remarquable suivis d'une extension de l'angle du genou et nous remarquons aussi que les deux angles sont au même stade d'évolution vers la fin de la phase de poussée, et pendant la phase aérienne nous constatons une stabilisation des deux angles (genou et hanche).

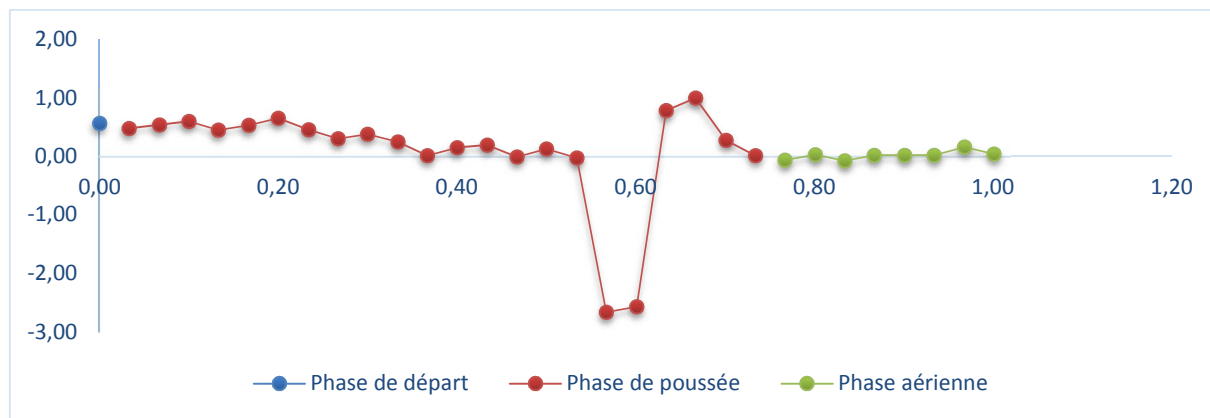


Figure 65 : Interprétation de la phase relative de l'athlète d'élite 2 (sprinter); Droite ; Grab Start.

Ici on a l'évolution de l'angle du Genou qui est en retard par rapport à l'angle de la Hanche dans les deux premières phases, et dans la phase aérienne nous remarquons que les deux angles évoluent en constance.

1.7.2 Gauche :

Track Start:

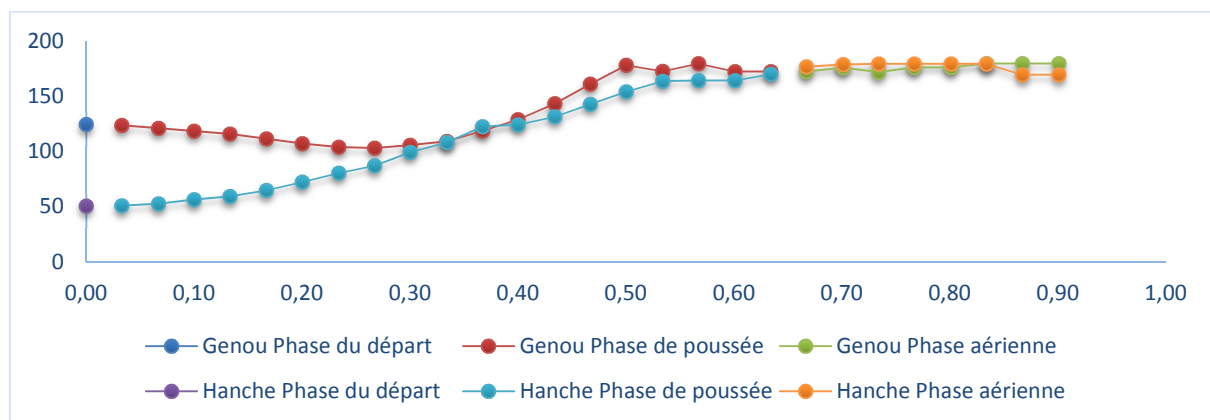


Figure 66 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète d'élite 2 (sprinter); Gauche; Track Start.

Sur ce graphique, nous remarquons pendant la première phase que l'angle du genou et de la hanche sont inertes, mais à partir de la deuxième période de la phase poussée nous observons une légère flexion suivis d'une extension de l'angle du genou et de la hanche qui sont pratiquement au même stade d'évolution, et pendant la phase aérienne les deux angles se stabilisent.

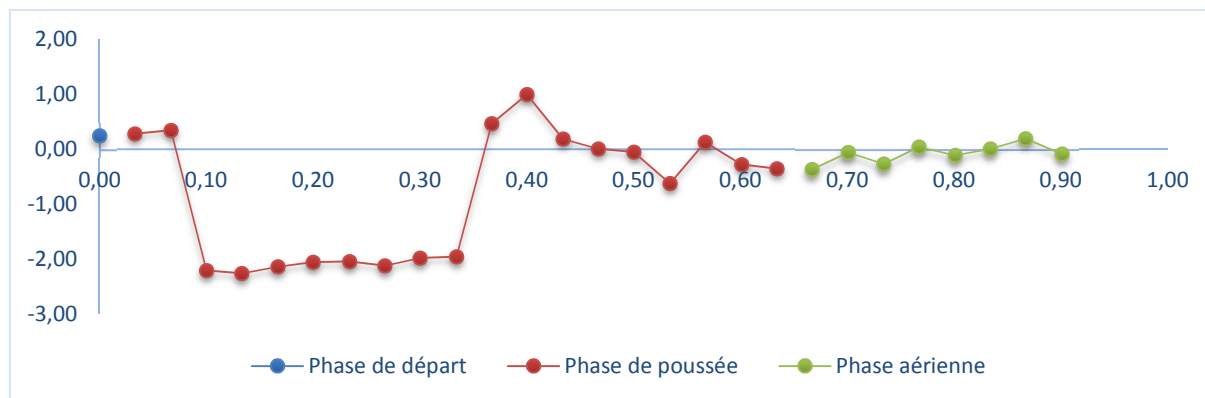


Figure 67 : Interprétation de la phase relative de l'athlète d'élite 2 (sprinter); Gauche ; Track Start.

Pendant la Phase du départ l'angle du Genou est en retard par rapport à la Hanche, et pendant la première période de la Phase de poussée nous pouvons observer une courbe où l'angle du Genou est en avance par rapport à l'angle de la Hanche, et c'est pratiquement toujours le cas jusqu'à la fin de la dernière phase, où l'évolution des deux angles est plutôt constante.

Grab Start:

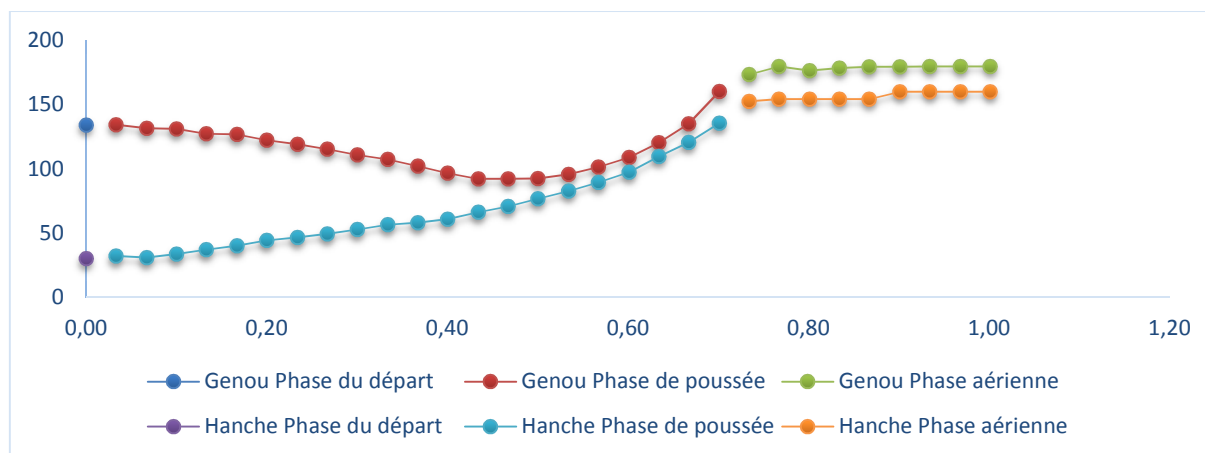


Figure 68 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète d'élite 2 (sprinter); Gauche ; Grab Start

Ici, nous observons dans la phase de la poussée, une extension de la hanche, et une flexion remarquable suivis d'une extension de l'angle du genou et nous remarquons aussi que les deux angles sont au même stade d'évolution vers la fin de la phase de poussée, et pendant la phase aérienne nous constatons une stabilisation des deux angles (genou et hanche).

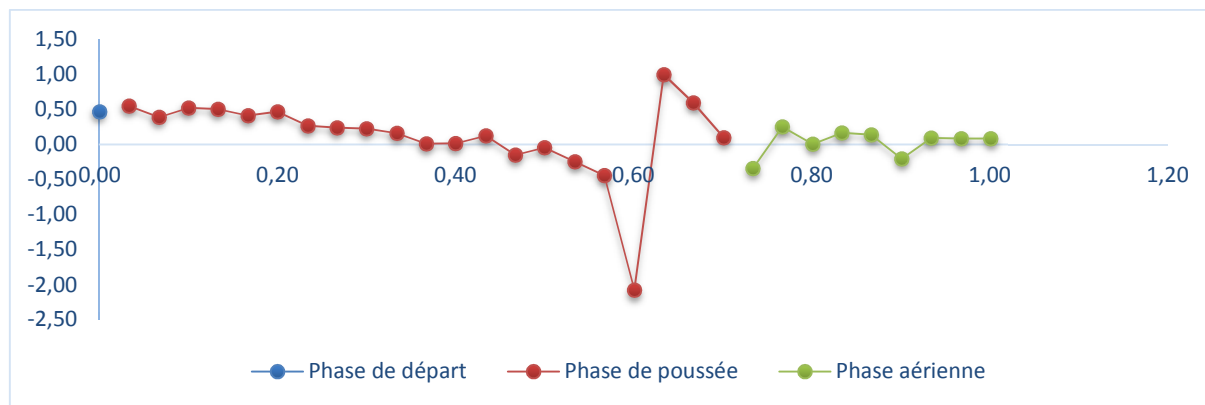


Figure 69 : Interprétation de la phase relative de l'athlète d'élite 2 (sprinter); Gauche; Grab Start.

Ici nous pouvons apercevoir l'évolution de l'angle du Genou qui est en retard par rapport à l'angle de la Hanche pendant pratiquement toutes les phases.

1.8 ATHLETE SENIOR 1 (NAGEUR DE FOND) :

1.8.1 Droite :

Track Start :

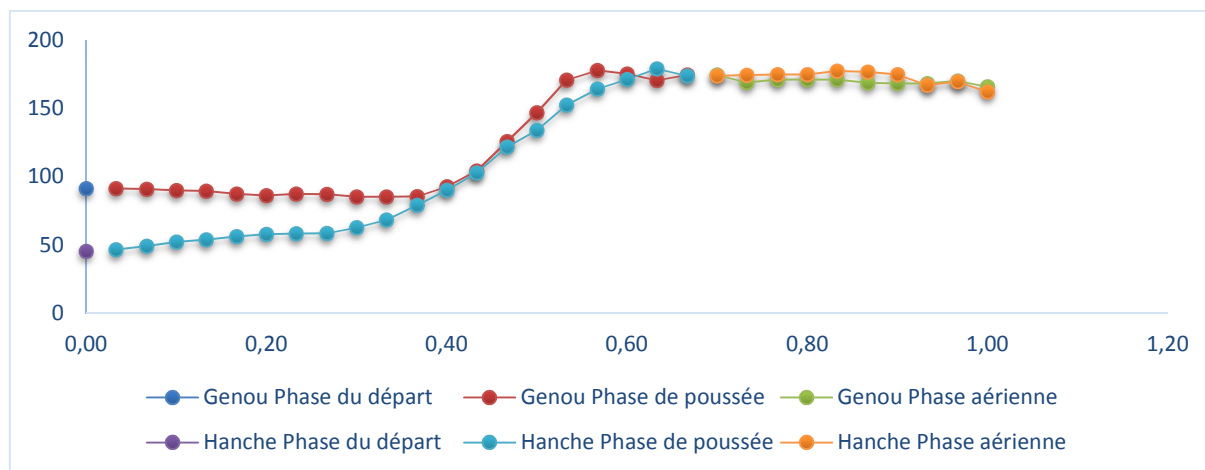


Figure 70 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète senior 1 (nageur de fond); Droite ; Track Start.

Sur ce graphique, nous remarquons que pendant la première phase et la deuxième période de la phase de la poussée, l'angle du genou est inerte, tandis que y'a une légère extension de celui de la hanche, et pendant la deuxième période nous observons clairement une extension des deux

angles qui sont pratiquement dans le même stade d'évolution, et dans la phase aérienne ils se stabilisent en continuant sur la même constance.

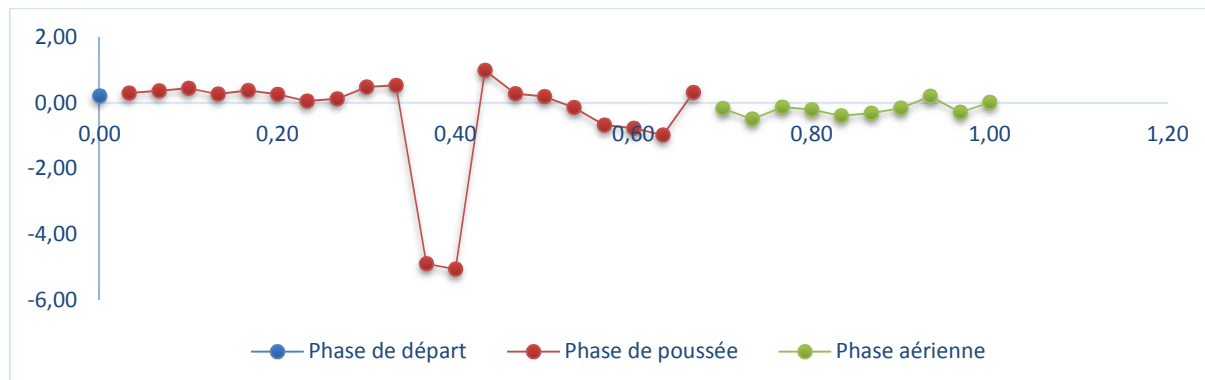


Figure 71 : Interprétation de la phase relative de l'athlète senior 1 (nageur de fond); Droite ; Track Start.

Nous remarquons ici que l'angle du Genou est en retard par rapport à l'angle de la Hanche jusqu'à la fin de la Phase poussée ou l'angle du Genou est généralement en avance par rapport à la Hanche, même dans la Phase aérienne.

Grab Start:

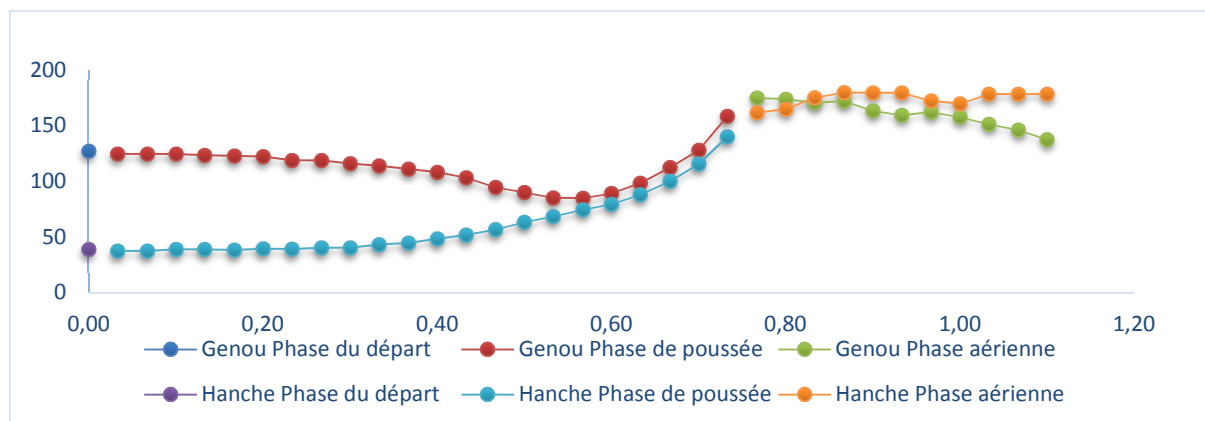


Figure 72 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète senior 1 (nageur de fond); Droite ; Grab Start.

Sur ce graphique, nous pouvons constater que dans les deux premières phases, l'angle du genou et de la hanche sont pratiquement immobiles, avec une légère flexion puis une extension du genou à la fin de la période de la poussée, et une extension de l'angle de la hanche jusqu'à la fin de la phase aérienne, tandis que le genou se fléchit de nouveau dans cette dernière phase.

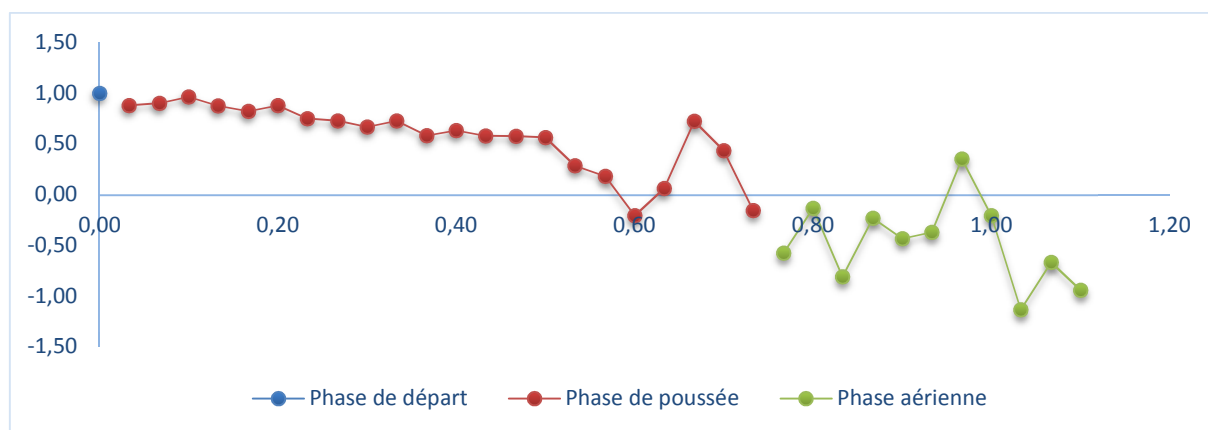


Figure 73 : Interprétation de la phase relative de l'athlète senior 1 (nageur de fond); Droite ; Grab Start.

Nous constatons que l'angle du Genou est en retard par rapport à l'angle de la Hanche durant les deux premières phases, et pendant la Phase aérienne, l'angle du Genou est en avance par rapport à l'angle de la Hanche.

1.8.2 Gauche :

Track Start:

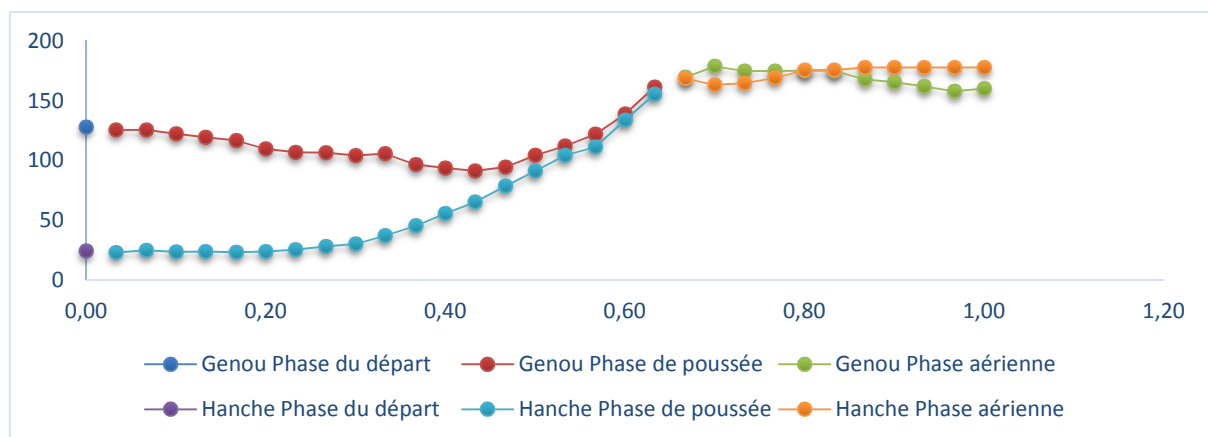


Figure 74 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète senior 1 (nageur de fond); Gauche; Track Start.

Sur ce graphique, nous pouvons constater que dans les deux premières phases, l'angle du genou et de la hanche sont pratiquement immobiles, avec une légère flexion puis une extension de celui du genou à la fin de la période de la poussée, et une extension de l'angle de la hanche jusqu'au début de la phase aérienne ou elle se stabilise, tandis que le genou se fléchit de nouveau légèrement dans cette dernière phase.

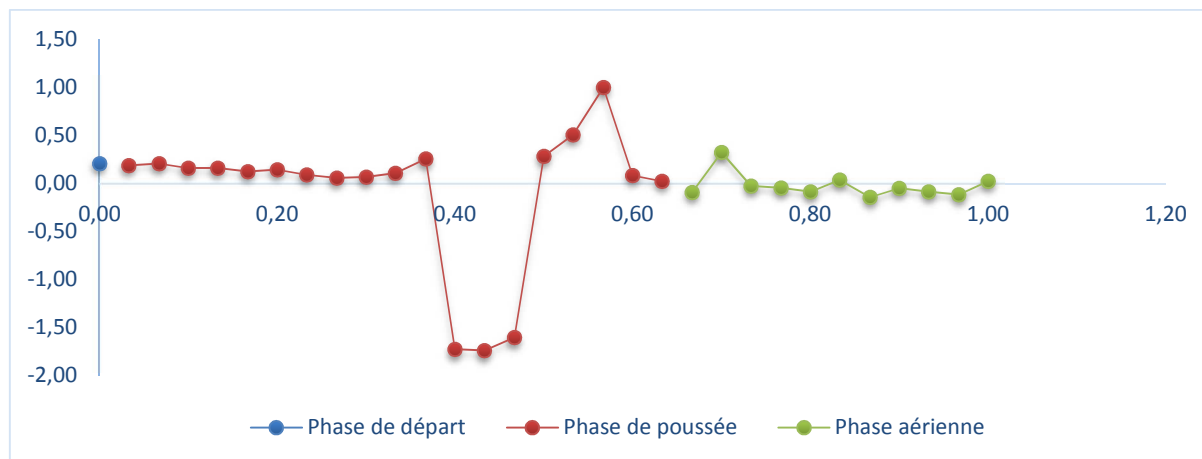


Figure 75 : Interprétation de la phase relative de l'athlète senior 1 (nageur de fond);Gauche; Track Start.

Nous pouvons voir ici que l'angle du Genou est pratiquement en retard par rapport à la Hanche durant les deux premières phases, sauf pendant la petite courbe au milieu de la Phase de poussée l'angle du Genou est en avance par rapport l'angle de la Hanche et pendant la Phase aérienne l'angle du Genou est généralement en avance par rapport à la Hanche.

Grab Start:

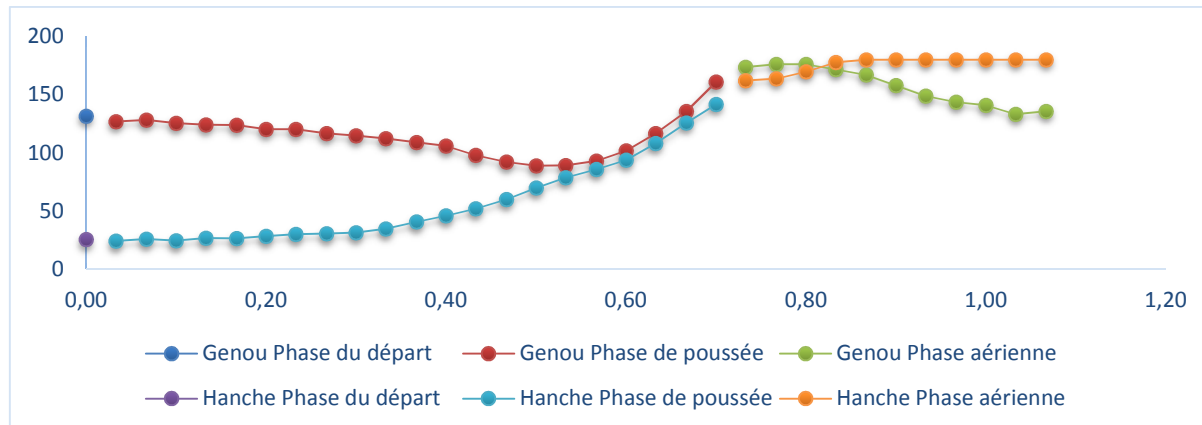


Figure 76 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète senior 1 (nageur de fond); Gauche; Grab Start.

Sur ce graphique, nous observons dans les deux premières phases, que l'angle du genou et de la hanche sont pratiquement immobile, avec une légère flexion puis extension du genou à la fin de la période de la phase poussée, et une extension de l'angle de la hanche jusqu'au début de la phase aérienne ou elle se stabilise, tandis que le genou se fléchit de nouveau dans cette dernière phase.

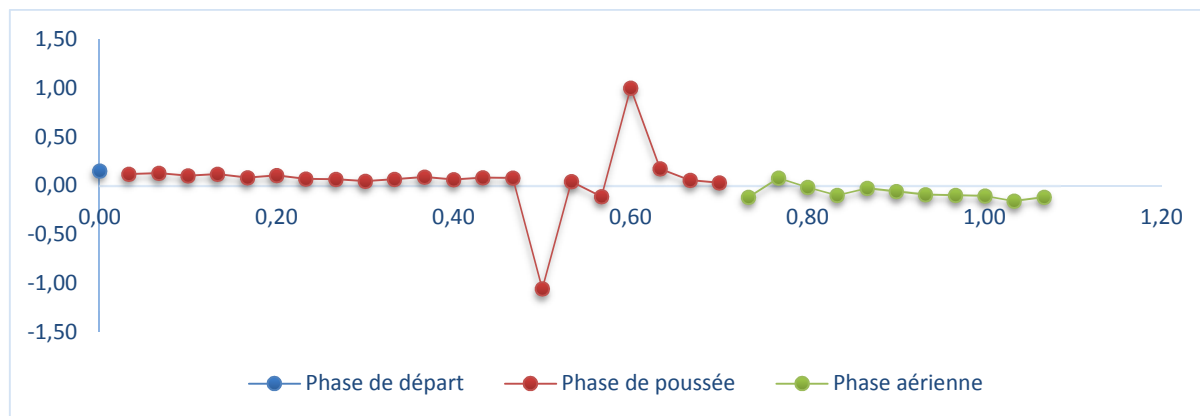


Figure 77 : Interprétation de la phase relative de l'athlète senior 1 (nageur de fond); Gauche; Grab Start.

Nous observons sur ce graphique que l'angle du Genou est pratiquement en retard par rapport à l'angle de la Hanche durant les deux premières phases et pendant la Phase aérienne l'angle du Genou est généralement en avance par rapport à la Hanche.

1.9 ATHLETE SENIOR 2 (SPRINTER):

1.9.1 Droite :

Track Start :

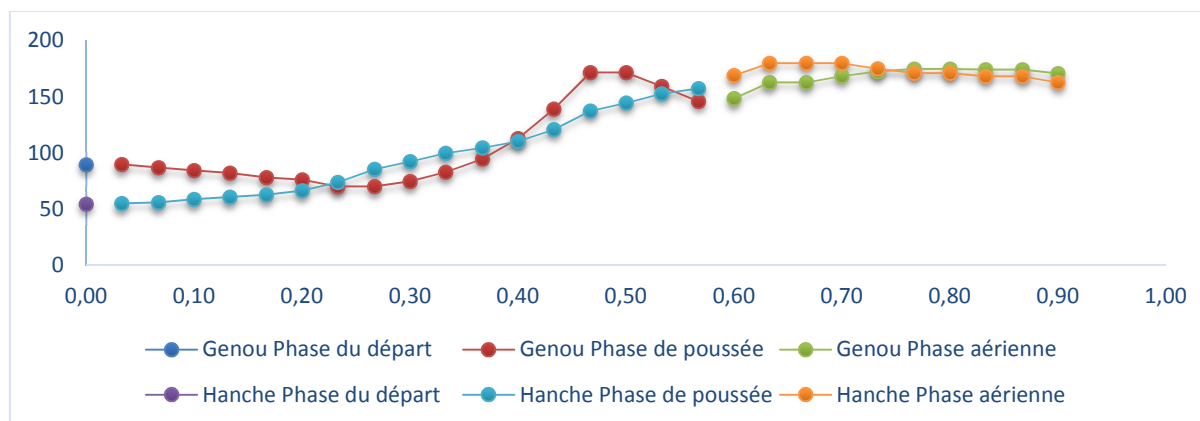


Figure 78 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète senior 2 (sprinter); Droite ; Track Start.

Nous observons ici dans la première phase et la première période de la phase de poussée, que l'angle de la hanche et du genou sont inertes, et dans la deuxième période de cette même phase nous remarquons une extension importante de l'angle de la hanche, avant que ce dernier se stabilise dans la phase aérienne, tandis que l'angle du genou fait une légère flexion puis

extension, avant de se stabiliser et d'évoluer en constance par rapport à la hanche dans cette dernière phase.

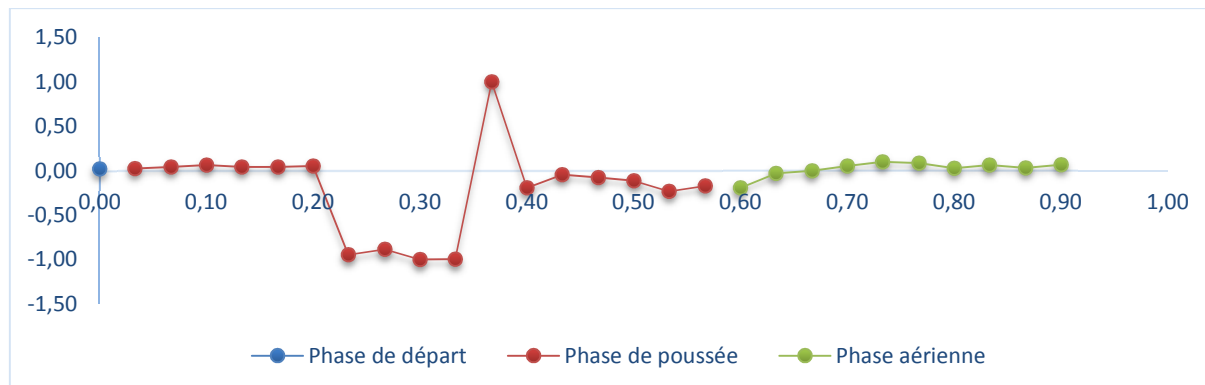


Figure 79 : Interprétation de la phase relative de l'athlète senior 2 (sprinter); Droite ; Track Start.

Nous observons sur ce graphique l'angle du Genou qui est en retard par rapport à l'angle de la Hanche avec une certaine régularité pendant le début jusqu'au moment du commencement de la courbe, ou l'angle du Genou est en avance par rapport à la Hanche jusqu'au début de la Phase aérienne ou l'angle du Genou est à nouveau sur le même stade d'évolution que l'angle de la Hanche.

Grab Start :

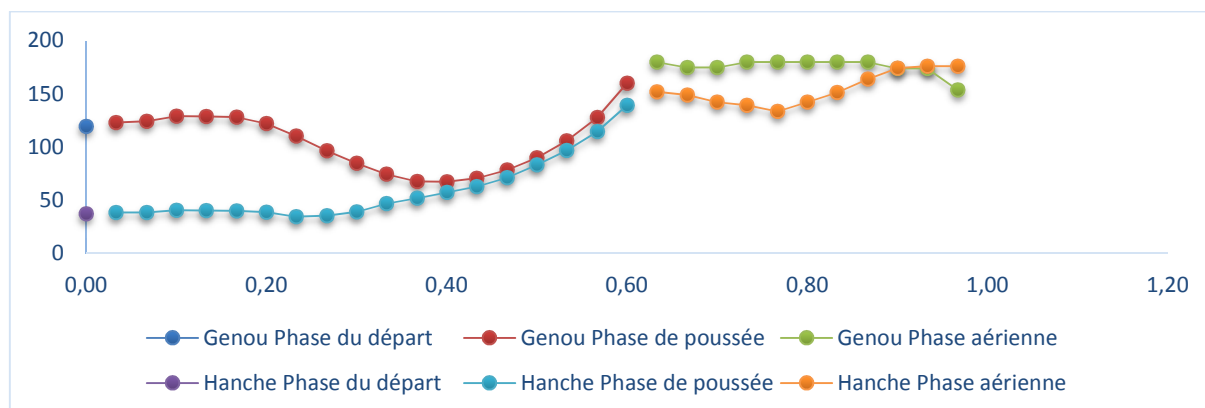


Figure 80 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète senior 2 (sprinter); Droite ; Grab Start.

Sur ce graphique, nous observons dans les deux premières phases, que le genou et la hanche sont pratiquement immobiles, avec une importante flexion puis une extension de l'angle du genou à la fin de la période de la phase poussée, et une extension de l'angle de la hanche

jusqu'au début de la phase aérienne ou il se stabilise un moment avant de s'étendre à nouveau, tandis que le genou se stabilise définitivement dans cette dernière phase.

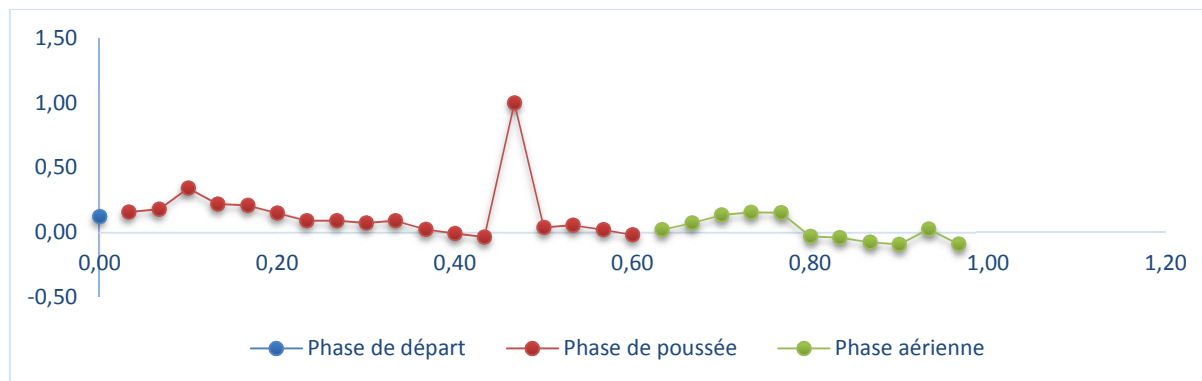


Figure 81 : Interprétation de la phase relative de l'athlète senior 2 (sprinter); Droite ; Grab Start.

Sur ce graphique nous constatons que l'angle du Genou est en retard par rapport à l'angle de la Hanche jusqu'au milieu de la Phase aérienne ou l'angle du Genou sera en avance par rapport à la Hanche.

1.9.2 Gauche :

Track Start:

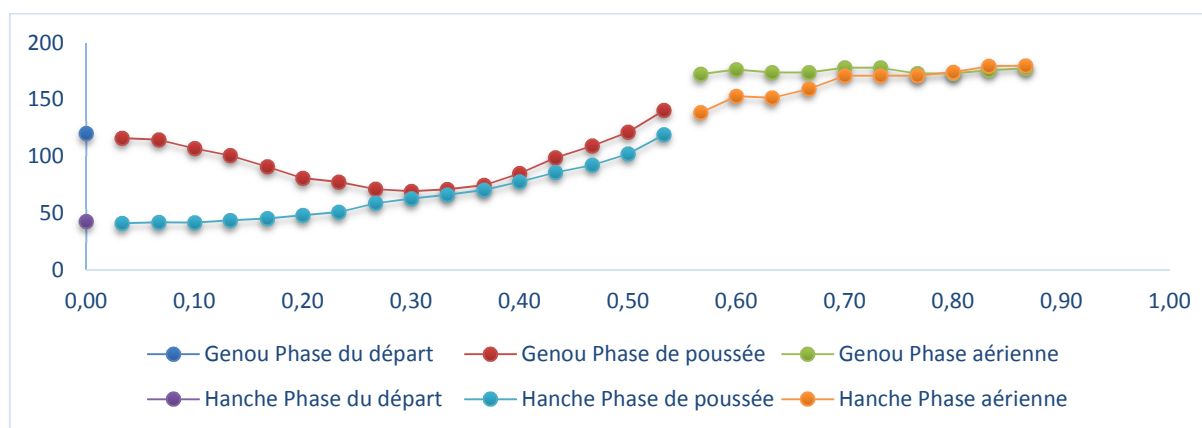


Figure 82 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète senior 2 (sprinter); Gauche; Track Start.

Ici, nous constatons que dans la première phase et la première période de la deuxième phase, l'angle du genou et de la hanche sont pratiquement immobiles, avec une importante flexion puis extension de l'angle du genou à la dernière période de la phase de poussée, tandis que l'angle

de la hanche est en extension jusqu'à la deuxième période de la phase aérienne, tandis que dans cette même phase, nous pouvons observer une stabilisation de l'angle du genou.

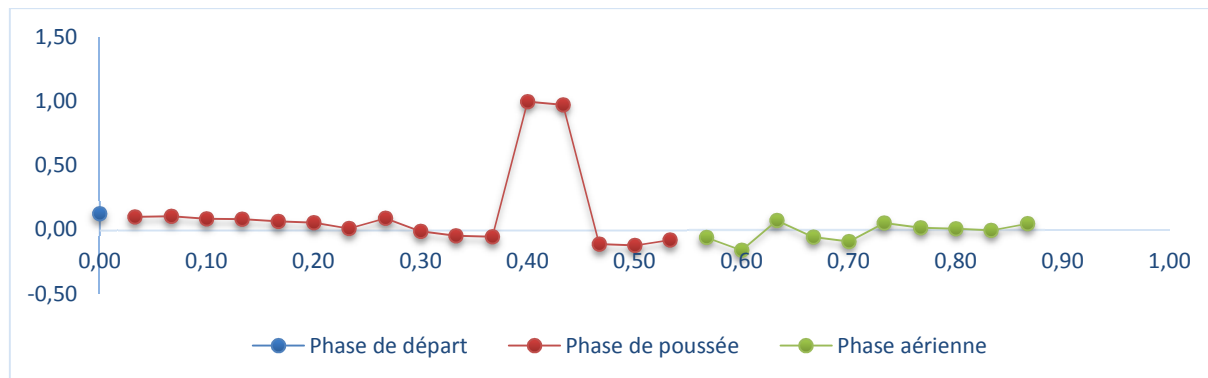


Figure 83 : Interprétation de la phase relative de l'athlète senior 2 (sprinter); Gauche; Track Start.

Nous pouvons voir sur ce graphique que l'angle du Genou et de la Hanche évoluent en constance dans pratiquement toutes les trois phases.

Grab Start :

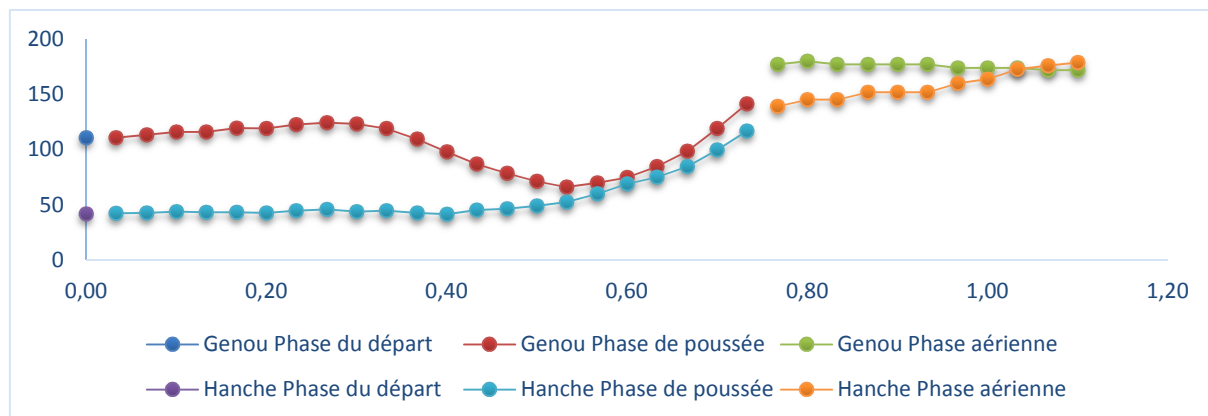


Figure 84 : Interprétation du profil cinématique de l'athlète senior 2 (sprinter); Gauche; Grab Start.

Sur ce graphique, nous remarquons que dans la première phase et la première période de la deuxième phase, l'angle du genou et de la hanche sont pratiquement immobiles, avec une importante flexion puis extension de l'angle du genou à la dernière période de la phase de poussée, tandis que l'angle de la hanche est en extension jusqu'à la fin de la phase aérienne, et durant cette même phase, nous pouvons observer aussi une stabilisation du genou.

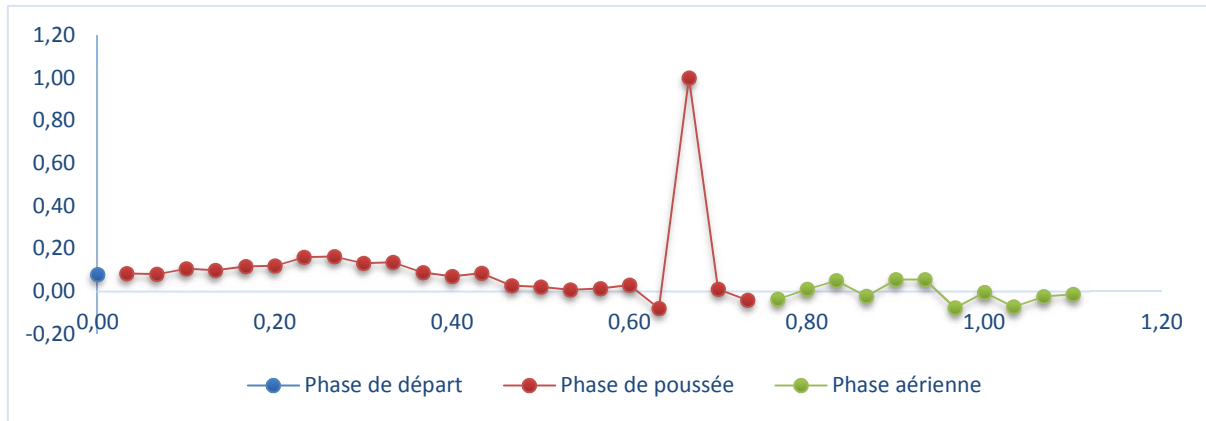


Figure 85 : Interprétation de la phase relative de l'athlète senior 2 (sprinter); Gauche; Grab Start.

Sur ce graphique nous pouvons remarquer que l'évolution de l'angle du Genou est en retard par rapport à celui de la Hanche pendant pratiquement toutes les phases, jusqu'à la dernière période de la phase aérienne.

DISCUSSION ET CONCLUSION

Discussion

L'objectif général de cette recherche a été, d'analyser la coordination intersegmentaire dans les deux styles de plongeurs pour déterminer la différence entre les deux. Nos recherches scientifiques et notre protocole expérimental, ne nous ont pas permis d'apporter de réponse sur la technique la plus favorable entre le Track Start, et le Grab Start. Par contre, nous avons constaté que les athlètes professionnels et d'élite sont pour la majorité en faveur de la position Track Start. L'expérimentations a montré qu'il y a plus de régularité dans la coordination en Track Start, que sur le Grab Start, comme nous l'avons observé sur les sujets :

- Athlète senior 1 (nageur de fond) : qui avait l'angle de la hanche et l'angle du genou pratiquement dans le même stade d'évolution pendant la phase de la poussée, et pendant la phase aérienne ils se sont stabilisés en continuant sur la même constance.
- Athlète senior 2 (sprinter) : avait l'extension de l'angle du genou qui était légèrement en avance par rapport à l'angle de la hanche pendant la phase de la poussée, par contre pendant la phase aérienne les deux angles étaient sur le même stade d'évolution avec une régularité, due au bon déploiement de cet athlète pendant cette phase.
- Jeune athlète 3 (sprinter) : par l'interprétation de sa PRC et de son profil cinématique nous avons constaté que même un jeune nageur tel que notre sujet pouvait avoir une bonne synchronisation des articulations par rapports aux autres, ce qui nous laisse confirmer que ce n'est pas lié à la catégorie d'âge, mais plutôt au niveau des athlètes.

En plus, nous pensons que c'est dû au style d'apprentissage traditionnel des entraîneurs dès le jeune âge, d'ailleurs même dans ces dernières années, des cales ont été installés sur le plot de départ, ce qui montre que le Track Start est favorisé. Quant à notre expérimentation, nous avons pu constater des imperfections et des parasites techniques par l'analyse cinématographique en comparant les deux styles de départ sur tous les nageurs et par spécialité, de ce fait, nous constatons qu'il existe une différence entre les différents plongeurs utilisés par nos nageurs.

Conclusion

Le départ plongeon en natation s'est avéré être plus complexe que ce que l'on avait imaginé, il faut avouer aussi que nos recherches ont été limitées au niveau temps et matériel même humain pour pouvoir dégager des résultats, et peut être même des solutions pour améliorer la technique du départ plongeon.

Cependant, ce mémoire nous a permis de dégager des contenus d'enseignements qui nous seront utiles, ça nous a permis de dégager des points essentiels sur le départ plongeon en natation:

- ❖ Les entraîneurs doivent prendre en considération les différences individuelles chez chaque nageur compétitif afin de décider laquelle des deux techniques est la plus appropriée pour l'utilisation en compétition.
- ❖ Pour les sprinter il ne suffit pas d'accélérer dans la course de nage, mais plutôt conserver une vitesse acquise lors du départ. Il est donc essentiel de prendre en considération la qualité du départ en natation.
- ❖ A notre avis les entraîneurs doivent réserver une partie de l'entraînement, pour les plongeurs. Ce paramètre complètement négligé pourrait jouer un rôle majeur dans le développement de la performance.
- ❖ Les entraîneurs doivent prendre en considération les différences individuelles chez chaque nageur compétitif afin de décider laquelle des deux techniques est la plus appropriée pour être utiliser en compétition.
- ❖ Il faut expliquer aux nageurs qu'il est important de se projeter vers l'avant, et insister sur « pousser avec ses jambes le plus fort possible » et « se déplier le plus vite possible ».
- ❖ Il est possible d'améliorer l'efficacité du plongeon par des exercices de type pliométrique, afin d'améliorer la détente et la puissance du saut.

A travers cette recherche scientifique, nous avons pu construire notre approche sur le départ plongeon en natation, et sur l'importance de l'analyse cinématographique et biomécanique qui sont indispensable pour l'amélioration de la performance sportive.

Liste bibliographique

1. Baliff, L. (1980). Evolution du plongeon du départ en natation de compétition. Suisse: Jeunesse et Sport.
2. Burgess-Limerick. (1993). Relative phase quantifies interjoint coordination. Journal of biomechanics.
3. Chamber.E. (1738). The art, or act of descending under water to considérable depths and abiding there a competent time.
4. Cholet. (1990). Approche scientifique de la natation sportive. Edition Vigot.
5. Costill, & col. (1994). La natation. Edition Vigot.
6. Counsilman. (1977). La natation. Edition Chiron.
7. Counsilman, B. T. (1988). Three types of grab starts for competitive swimming, in swimming science V.
8. Jeka, & Kelso. (1989). The dynamic pattern approach to coordinated behaviour.
9. Lyttle, A. (2002). Start Right. A biomechanical review of dive start performance In World Swimming Science Congress.
10. Mason, & Cossor. (2001). Swim start performances at the Sydney Olympics Games. Biomechanics Symposia. Sydney.
11. Naemi, e. c. (2001). 3D kinematic and kinetic analyses of two methods for grab start technique, In Biomechanics Symposia. San Francisco.
12. Nivanda, R. (1963). A method of determining a start jump efficiency and control of timely start of in initial movements. Kiev.: Ph. D. Thesis Institute of Psyculture.
13. Pedroletti, M. (1997). Natation performance. Editions Amphora.
14. Pudlo. (1999). Contribution à l'analyse et à l'optimisation du geste du rameur en aviron. Thèse de doctorat.
15. Sanders. (2002). Start Technique-Recent Findings. Abstracts from the World Swimming Science Congress.

16. Schmidt, S. R.-K.-6. (1999). A marker-based measurement procedure for unconstrained wrist and elbow motions. Journal of Biomechanics.
17. Schöner, G., & Kelso, J. (1988). A synergetic theory of environmentally-specified and learned patterns of movement coordination.
18. Thévenot, M. (1696). L'art de nager, avec des avis pour se baigner utilement. Paris.
19. Vigarello. (1988). Technique d'Hier et d'Aujourd'hui, Une histoire culturel. Revue EPS.
20. Zumerchik, J. (1997). Dive starts. In Encyclopedia of Sports Science, volume.

Liste des sources électroniques

1. www.swimsportMagazine.de. (s.d.). Récupéré sur <https://swimsportnews.de/8251-die-fuenf-phasen-eines-perfekten-startsprungs?limitstart=0>.

Liste des dictionnaires

1. Emile Littré. (1863). Le Littré.
2. Larousse. (1905).

Résumé

L'objectif de cette recherche qui consiste en une contribution à une analyse biomécanique en natation était d'évaluer la coordination intersegmentaire des différents styles de plongeurs en natation par le biais de phases relatives continues. Neuf athlète (âge = $20,0 \pm 3,9$ ans; taille = $176,0 \pm 9,3$ m; masse corporelle = $68,5 \pm 8,0$ kg) ont pris part à cette étude.

Les résultats ont montré des différences significatives en terme de coordination intersegmentaire chez les différents athlètes selon leur âge et leur style de nage.

Mots clés : natation, plongeur, coordination intersegmentaire, phases relatives continues

Abstract

The objective of this research, which consisted of a contribution to a biomechanical analysis in swimming, was to evaluate the intersegmental coordination of the different styles of start in swimming through continuous relative phases. Nine athletes (age = 20.0 ± 3.9 years, height = 176.0 ± 9.3 m, body weight = 68.5 ± 8.0 kg) participated in this study.

The results showed significant differences in intersegmental coordination among the different athletes according to their age and swimming style.

Keywords: swimming, diving, intersegmental coordination, continuous relative phases

