

MINISTERE DE LA SANTE  
REGION LORRAINE  
INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE

ETUDE DE LA FLEXION DE HANCHE DANS LES  
ESCALIERS : APPORTS DU SYSTEME BIOVAL<sup>®</sup> ET DU  
GONIOMETRE DE HOUDRE

Mémoire présenté par **Pauline GRIMONT**  
Etudiante en 3<sup>ème</sup> année de masso-kinésithérapie  
En vue de l'obtention du Diplôme d'Etat  
De Masseur-Kinésithérapeute  
2014-2015

## SOMMAIRE

### RESUME

<b>1. INTRODUCTION</b> .....	<b>1</b>
<b>2. ANATOMIE ET BIOMECHANIQUE</b> .....	<b>2</b>
<b>2.1. Rappels anatomiques de la hanche</b> .....	<b>2</b>
<b>2.2. Mobilité</b> .....	<b>3</b>
<b>2.3. Biomécanique de l'escalier</b> .....	<b>3</b>
2.3.1. Point de vue articulaire.....	3
2.3.2. Approche cinétique .....	4
<b>3. MATERIEL ET METHODE</b> .....	<b>5</b>
<b>3.1. Méthode de recherche bibliographique</b> .....	<b>5</b>
<b>3.2. Population</b> .....	<b>5</b>
<b>3.3. Lieu</b> .....	<b>6</b>
<b>3.4. Matériel</b> .....	<b>6</b>
<b>3.5. Système Bioval®</b> .....	<b>6</b>
3.5.1. Présentation du système.....	6
3.5.2. Validité des mesures.....	7
3.5.3. Placement des capteurs.....	7
<b>3.6. METHODE</b> .....	<b>8</b>
3.6.1. Test.....	8
3.6.2. Protocole.....	9
3.6.2.1. Goniomètre manuel .....	9
3.6.2.2. Système Bioval® .....	10
<b>4. RESULTATS</b> .....	<b>11</b>
<b>4.1. Présentation de la population</b> .....	<b>11</b>
<b>4.2. Moyennes obtenues</b> .....	<b>12</b>
<b>4.3. Etude de la concordance entre les deux outils de mesure</b> .....	<b>12</b>
4.3.1. Principes de la méthode statistique Bland et Altman .....	12
4.3.2. Analyse de la marche d'escalier .....	13
4.3.2.1. Articulation coxo-fémorale (CF) .....	13
4.3.2.2. Complexe lombo-pelvi fémoral .....	14
4.3.3. Analyse de l'escabeau .....	15

<b>4.4. Analyse des courbes obtenues par le système Bioval®</b> .....	<b>16</b>
4.4.1. Sujet dit « standard » .....	17
4.4.2. Sujets dits « extrêmes » .....	18
<b>5. DISCUSSION</b> .....	<b>22</b>
5.1. Rappel des résultats .....	22
5.2. Limites de notre étude.....	22
5.3. Propositions d'amélioration .....	24
5.4. Application masso-kinésithérapique .....	24
<b>6. CONCLUSION</b> .....	<b>25</b>

## **BIBLIOGRAPHIE**

## **ANNEXES**

## RESUME

**Contexte.** Dans la littérature, certains auteurs se sont intéressés à la mesure de flexion de hanche dans les escaliers, sans distinction de l'articulation coxo-fémorale (CF) et du complexe lombo-pelvi-fémoral (CLPF). Ces études utilisent des outils différents. Selon la HAS, les outils de mesure utilisant des accéléromètres, tels que le système Bioval<sup>®</sup> ont une reproductibilité satisfaisante avec d'autres outils de mesures utilisant des analyses en 3D.

**Objectifs.** Le premier objectif de cette étude est, avec deux méthodes différents, d'analyser les amplitudes de flexion dans la CF et dans le CLPF pour poser le pied sur une marche. Le second objectif est d'étudier la concordance entre le goniomètre de Houdre et le système Bioval<sup>®</sup>.

**Méthode et population.** Notre étude porte sur 30 sujets sains, âgés de 18 à 30 ans. Nous avons mesuré leurs amplitudes de flexion sur une marche d'escalier puis sur une marche d'une hauteur plus importante. Ces mesures ont été réalisées avec le goniomètre de Houdre en statique, puis avec le système Bioval<sup>®</sup> en dynamique.

**Résultats.** Les résultats de cette étude montrent des amplitudes de flexion de hanche (en distinguant CF et CLPF) inférieures à celles décrites dans la littérature, les compensations observées ayant un rôle important. Nos résultats décrivent une concordance satisfaisante entre les deux outils, en présentant toute fois un écart à prendre en compte lors de la comparaison de deux mesures.

**Conclusion.** Le système Bioval<sup>®</sup> est un outil récent, offrant de nombreuses possibilités thérapeutiques pour le bilan et le traitement de patients, concordant avec le goniomètre de Houdre. Cependant l'utilisation en pratique quotidienne reste aujourd'hui difficilement réalisable du fait de la difficulté d'interprétation de certaines données. La mesure de la flexion de hanche n'est pas une analyse unidimensionnelle mais nécessite de prendre en compte les mouvements dans les trois plans de l'espace.

Mots clés : goniométrie, biomécanique de hanche, complexe lombo-pelvi-fémoral, capteurs inertiels, escaliers.

Key words : hip, inertials sensors, lumbar pelvic femoral complex, stairs ascent, biomechanic.

## 1. INTRODUCTION

Dans notre pratique professionnelle, de nombreux outils de mesures sont mis à notre disposition. Nous avons accès à des outils plus ou moins précis, transportables, ou encore financièrement abordables.

La mesure d'amplitudes de « grosses articulations » telles que le genou ou la hanche est généralement réalisée à l'aide d'un goniomètre à branches, goniomètre de Houdre. Cependant, au fur et à mesure des avancées technologiques, de nouveaux systèmes de mesures, tels que le système Bioval<sup>®</sup>, qui sont amenés à se développer, sont mis à notre disposition.

Afin de n'éprouver aucune gêne lors de la réalisation d'activités de la vie quotidienne, une certaine amplitude de flexion de hanche est nécessaire. Lors de la rééducation de patients souffrants d'une pathologie de hanche, il est admis qu'une amplitude de flexion de hanche comprise entre 70 et 90° soit l'objectif à atteindre pour obtenir une fonction normale.

Utiliser des escaliers fait partie de nos activités de la vie journalière. Les personnes n'ayant pas une amplitude suffisante au niveau de la hanche sont dans l'obligation de recourir à des compensations, notamment par le biais de la statique rachidienne.

Plusieurs auteurs se sont intéressés à la biomécanique du membre inférieur dans la montée et descente des escaliers, tels que MACFAYDEN B., WINTER D.(1). Ils se sont concentrés dans leur étude sur l'analyse globale de la cinétique des membres inférieurs.

Beaucoup d'études se sont concentrées sur des hauteurs de marche dites « standards et normalisées ». Il n'est pas rare dans la vie quotidienne, de faire face à des escaliers « non conformes ». En effet, il est possible de rencontrer des escaliers dont la hauteur de la marche est plus grande ou une profondeur plus faible. Nous pouvons penser que cela a pour conséquence une stratégie de passage de pas différente selon ces dimensions.

D'autre part, dans la littérature, la différence entre l'articulation coxo-fémorale et le complexe lombo-pelvi-fémoral n'est pas toujours faite. Une question se pose donc, que mesure – t – on réellement ?

Dans un premier temps, il nous a semblé important d'analyser la mesure de flexion de hanche à la fois au niveau de l'articulation coxo-fémorale que du complexe lombo-pelvi-fémoral afin de les confronter aux valeurs décrites dans la littérature.

Dans un second temps, nous comparons les mesures de flexion de hanche pour deux hauteurs de marche, obtenues avec le système Bioval® et le goniomètre de Houdre. Cette comparaison est basée sur l'étude de corrélation existante entre les deux outils de mesure.

Ces données étant différentes, voulant savoir la raison de cet écart, nous étudions les différentes possibilités de compensations réalisées au niveau de la hanche.

## 2. ANATOMIE ET BIOMECANIQUE

### 2.1. Rappels anatomiques de la hanche

Cette étude s'intéresse à l'articulation proximale du membre inférieur, la hanche, plus particulièrement l'articulation coxo-fémorale et le complexe lombo-pelvi-fémoral (CLPF).

L'articulation coxo-fémorale est constituée de la surface semi lunaire de l'acétabulum de l'os coxal d'une part et de la tête fémorale d'autre part. La coxo-fémorale est une articulation sphéroïde et congruente, ce qui privilégie la stabilité à la mobilité.

Le complexe lombo-pelvi fémoral est formé de l'articulation coxo-fémorale, de l'os coxal, ainsi que des dernières vertèbres lombaires. Ce segment assure la jonction du membre inférieur et du rachis. Un mouvement effectué normalement au niveau de l'articulation coxo-fémorale peut donc avoir un effet au niveau de la colonne lombaire et du complexe. C'est une adaptation du rachis lombaire et de la ceinture pelvienne pour privilégier la stabilité. En effet, selon l'étude de HUSSON et al, lors de la flexion de hanche « l'antéversion augmente la pente sacrée et induit une hyperlordose lombaire avec plus ou moins de flexion antérieure du tronc ». (2)

## 2.2. Mobilité

L'articulation coxo-fémorale est une articulation à trois degrés de libertés, le centre du mouvement se situe au niveau du centre de la tête fémorale.

Dans le plan sagittal, les amplitudes sont :

- pour la flexion : 110 à 120° lorsque le genou est fléchi (détente des ischio-jambiers), 90° quand il est tendu
- pour l'extension : 10 à 20° selon les sujets quand le genou est tendu (limitée par le ligament ilio-fémoral).

Dans le plan frontal :

- L'abduction : 45° (limitée par la tension du ligament pubo-fémoral)
- L'adduction : 20°

Dans le plan transversal :

- La rotation médiale : 35°
- La rotation latérale : 45° (3)

Ces amplitudes analytiques de l'articulation coxo-fémorale sont donc en théorie suffisantes pour permettre les fonctions de la vie quotidienne comme la marche, s'asseoir, ou, comme l'objet de cette étude, monter des escaliers.

## 2.3. Biomécanique de l'escalier

### 2.3.1. Point de vue articulaire

Dans leurs études, PROTOPAPADAKI et al.(4) ainsi que RIENER et al.(5) ont mis en évidence les amplitudes théoriques au niveau de la hanche, du genou et de la cheville lors de la montée et descente d'escaliers. (Fig.1)

Les valeurs théoriques maximales qui ressortent de ces études pour la montée d'escaliers chez des individus sains sont en moyenne de :

- 60 à 70° de flexion de hanche
- 90 à 100° de flexion de genou
- 10° de flexion de cheville et 20 à 30° d'extension de cheville

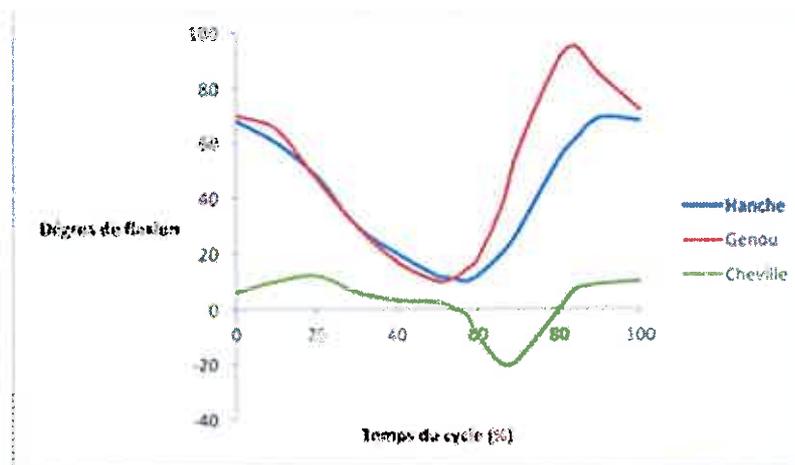


Figure 1 : Degrés de flexion pour les articulations du membre inférieur dans la montée d'escaliers (6)

### 2.3.2. Approche cinétique

ZACHAZEWSKI et al.(7) ont décrit dans leur étude les différentes phases lors de la montée (Fig 2) et descente chez des sujets sains.

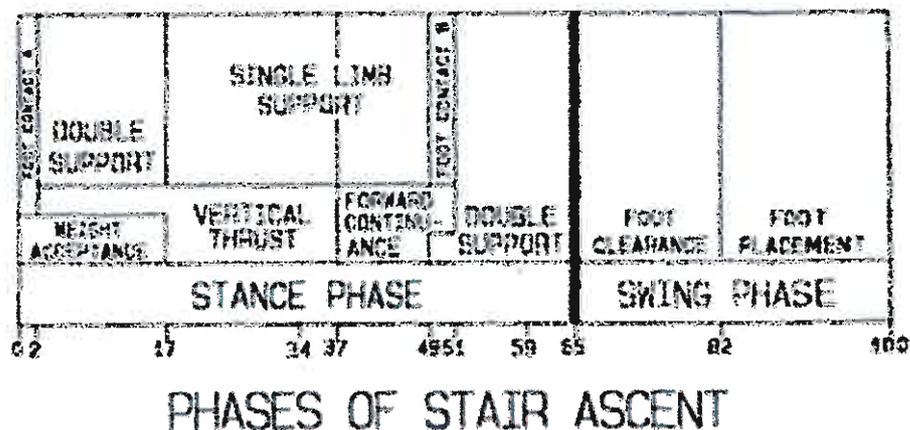


Figure2 :Phases lors de la montée des escaliers

La phase que nous développons dans cette étude est la phase de contact du pied (0-2%), avant qu'il n'y ait un transfert de poids du corps sur le pied ascensionné. Cette phase correspond à un transfert vertical du centre de gravité.

Pour réaliser cette phase, il y a au préalable un transfert du poids du corps sur le membre inférieur porteur puis une flexion de hanche du membre oscillant réalisée principalement par le muscle psoas.

### 3. MATERIEL ET METHODE

#### 3.1. Méthode de recherche bibliographique

Les moteurs de recherches utilisés dans notre étude ont été les suivants : Medline, Google Scholar, Science Direct, ainsi que des revues françaises de kinésithérapie telles que Kiné Scientifique et Kinésithérapie la Revue. Nous nous sommes également rendus à Réédoc pour compléter nos recherches.

Les mots clés utilisés en français sont : goniométrie, hanche, biomécanique de hanche, complexe lombo-pelvi-fémoral, capteurs inertiels, escaliers. En anglais, nous avons utilisé : hip, inertials sensors, lumbar pelvic femoral complex, stairs ascent, biomechanic.

La période de recherche s'étend de 1993 à 2014. Un article plus ancien a cependant été retenu. Nous avons gardé une période assez grande car nous avons trouvé plusieurs publications anciennes, notamment sur la biomécanique et sur la goniométrie.

#### 3.2. Population

Cette étude porte sur 30 étudiants volontaires de première année et de troisième année de l'I.F.M.K de NANCY, parmi lesquels sont présents 15 femmes et 15 hommes, tous âgés de 18 à 30 ans.

Tous répondent aux critères d'inclusion qui sont :

- Ne pas avoir d'antécédents traumatiques de hanche et de genou depuis une période d'un an
- Ne pas avoir de raideur lombaire
- Ne pas avoir de déficit d'amplitudes actives du genou
- Ne pas ressentir de douleurs durant le déroulement du test

### 3.3. Lieu

L'étude se déroule au sous-sol de l'I.F.M.K de NANCY, dans la cage d'escaliers, devant la première marche.

La première marche a une hauteur de 0,17 m et une profondeur de 0.30 m, ce qui selon les normes européennes, correspond à une marche standard(8). En effet, pour un établissement accueillant du public, la hauteur doit être inférieure ou égale à 0,17 m et le giron (profondeur) doit lui, être supérieur ou égal à 0,28 m.

Cependant selon NEUFERT(9), une hauteur de 0,17m et un giron de 0,29 m serait « d'un point de vue physiologique, la meilleur solution pour effectuer ce travail de montée ».

### 3.4. Matériel

Mètre ruban

Goniomètre à grandes branches HOUDRE

Système de capteurs Bioval®

Escabeau

### 3.5. Système Bioval®

#### 3.5.1. Présentation du système

Le système Bioval® est un ensemble de un à quatre capteurs inertiels sans fils de petite taille (quelques centimètres de diamètre). Les capteurs sont munis de trois accéléromètres et

de trois magnétomètres permettant l'analyse des mouvements dans les trois plans de l'espace en temps réel. (10). Ils mesurent la vitesse angulaire ainsi que l'accélération des segments de membre.

Ces capteurs sont portables, non invasifs et sans effets indésirables pour le patient(10). Les capteurs peuvent être fixés au corps du patient rapidement et facilement par utilisation notamment de bandes Velcro®.

### 3.5.2. Validité des mesures

La validité ainsi que la reproductibilité des mesures d'un système utilisant des capteurs inertiels (tels que Bioval®) ont été les thèmes de plusieurs études.

Des auteurs se sont intéressés à cette problématique, tels que : Antonio I Cuesta-Vargas et al.(11)(12) ou encore Pietro PICERNO et al.(13). Leurs études ont montré que la mesure des amplitudes de flexion/extension au niveau des articulations du membre inférieur avait le meilleur taux de reproductibilité (contrairement aux amplitudes de rotations). En effet, selon PICERNO et al, en ce qui concerne la reproductibilité intra et inter-évaluateurs des mesures de flexion/extension, l'erreur absolue moyenne serait inférieure à 2,9°.

Selon la HAS, cette reproductibilité est faite en comparaison à d'autres outils de mesure utilisant la 3D. En effet : « les études concernant accéléromètres montrent [...] [que] les cinématiques angulaires des articulations et les orientations des membres inférieurs sont corrélés (0,98) avec d'autres systèmes d'analyse 3D » (14). Il n'y a cependant pas de données dans la littérature comparant un accéléromètre à un goniomètre manuel.

### 3.5.3. Placement des capteurs

Les mesures se faisant au niveau de la hanche, il nous est donc paru important de prendre en considération l'articulation coxo-fémorale mais également le complexe lombo-pelvi fémoral afin de faire abstraction des éventuelles compensations réalisées par le segment lombaire. Les capteurs seront donc placés différemment, car le placement des capteurs (s'il n'est pas assez précis) peut influencer la précision de la mesure(11).

Bioval<sup>®</sup> utilise des protocoles préétablis indiquant l'emplacement de chaque capteur. Celui retenu est « Marche : hanche (quadri-capteur) » (logiciel Bioval<sup>®</sup>) L'emplacement des capteurs jaune (droit) et bleu (gauche) étant définis tels que placés en regard « du fascia lata, à mi-hauteur de la face externe de la cuisse ». (fig. 1) Les capteurs rouge (à droite) et vert (à gauche) se situent eux « aux niveaux des crêtes iliaques » (logiciel Bioval<sup>®</sup>), ce qui prend en compte tout le CLPF. Pour plus de précision et de reproductibilité, il a été décidé de placer ces deux capteurs en regard des épines iliaques postéro supérieures pour la mesure du CLPF. Pour la mesure de la coxo-fémorale, les capteurs se situent sur la ligne des grands trochanters.

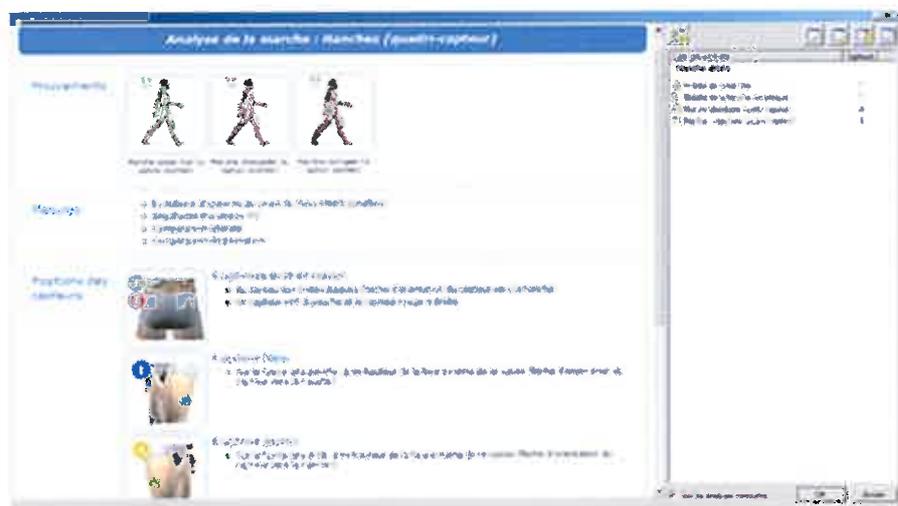


Figure 1 : page BIOVAL du protocole « marche : hanche (quadri-capteurs) »

## 3.6. METHODE

### 3.6.1. Test

Le test commence par la mesure de longueur des membres inférieurs du sujet. Le sujet est placé en décubitus dorsal strict, en sous vêtements afin de permettre une meilleure visualisation des repères osseux qui sont les épines iliaques antéro-supérieures (EIAS) et les malléoles internes. Le matériel utilisé est un mètre ruban souple.

Puis nous demandons au sujet de se placer devant les escaliers, de monter sur la première marche et de la redescendre sans donner plus d'informations. Ceci nous permet de déterminer quel est son membre dominant, membre sur lequel sont faites les mesures.

Le sujet se place devant les escaliers, nous lui demandons de poser son membre dominant trois fois sur la première marche d'escaliers en lui précisant de respecter la décomposition suivante : rester 2 secondes sur la marche puis redescendre le pied, attendre 2 secondes pour remonter son pied.

### 3.6.2. Protocole

Nous nous assurons au préalable que le lieu est dégagé, les mesures étant réalisées aux moments les plus calmes.

Afin de ne pas influencer les résultats, il a été défini arbitrairement un ordre entre les 4 mesures suivant le numéro d'anonymat du sujet :

Exemple de l'ordre des mesures pour le sujet n°1 : mesure « marche CF » – mesure « marche CLPF » – mesure « escabeau CLPF » – mesure « escabeau CF »

Tout en suivant cet ordre prédéfini, le sujet n°2 commence lui par la mesure « marche CLPF », le sujet n°3 commence par la mesure « escabeau CLPF », le sujet n°4 par la mesure « escabeau CF » et ainsi de suite.

Cet ordre a été respecté tant pour les mesures obtenues par le goniomètre manuel que pour celles obtenues par le système Bioval®.

#### 3.6.2.1. Goniomètre manuel

La première partie du protocole consiste à réaliser les mesures manuelles, avec le goniomètre à grandes branches de HOUDRE. Il est demandé au sujet de placer son pied dominant complètement à plat sur la marche sans s'appuyer dessus, en gardant le regard à l'horizontal et les bras ballants.

Deux mesures sont réalisées :

- Mesure de la flexion présente dans le complexe lombo-pelvi fémoral (CLPF). Les repères osseux étant l'axe du tronc (branche fixe), le grand trochanter (centre du goniomètre) et le condyle fémoral latéral (branche mobile).
- Mesure de la flexion présente dans l'articulation coxo-fémorale. Les repères osseux restent les mêmes à l'exception de la branche fixe qui se situe en regard de l'EIAS. Une mesure étant réalisée en rectitude de hanche, la seconde lorsque le sujet a son pied sur la marche.

Ces mesures sont répétées une seconde fois avec les mêmes critères mais le sujet se présente désormais devant un marche pieds. La hauteur de la marche étant de 0,35 m et la profondeur de 0,19 m.

#### 3.6.2.2. Système Bioval®

Dans un second temps nous prenons les mesures utilisant le capteur Bioval®.

Il a été arbitrairement décidé que les sujets ayant un numéro d'anonymat pair commencent les mesures par la marche d'escaliers puis sur le marche pied, ceux ayant un numéro d'anonymat impair font l'inverse.

Le placement des capteurs se fait comme décrit précédemment en tenant compte de la mesure au sein du CLPF ou de la coxo-fémorale.

Le temps d'acquisition déterminé est de 15 secondes, ce qui permet au sujet de poser son pied sur la marche trois fois durant 2 secondes, avec un intervalle de 2 secondes. Cette fréquence a été choisie pour nous permettre d'obtenir 3 courbes complètes (fig. 2). La première phase étant l'évolution de l'amplitude de flexion, la deuxième phase est une phase de plateau (pied sur la marche à plat), la troisième phase étant le retour à la position initiale.

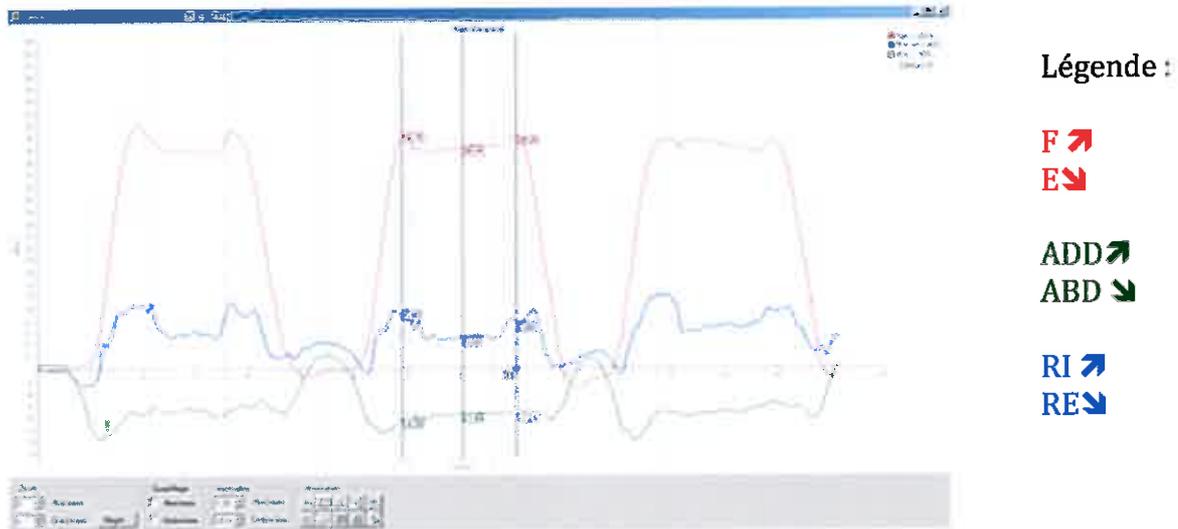


Figure 2 : exemple de courbes obtenues par Bioval®

Les courbes nous intéressants sont celles de couleur rouge. Les bleues correspondent aux amplitudes de rotation interne et rotation externe de la hanche, les vertes renvoient aux amplitudes d'abduction et adduction durant le mouvement effectué.

## 4. RESULTATS

### 4.1. Présentation de la population

Tableau II : Pourcentage du côté dominant du MI

MI dominant	Nombre de sujets	Pourcentage (%)
Droit	23	76,67
Gauche	7	23,33

Tableau III : Données de la population

Variabes	Moyenne	Médiane	Quartile 1	Quartile 3	Minimum	Maximum
Age (an)	21,57	21	20	22,75	19	29
Taille (cm)	173,03	173	165,5	178,75	156	191
Longueur des MI (cm)	90,93	91	87	93,75	79	102

## 4.2. Moyennes obtenues

Tableau IV : Moyennes des amplitudes de flexion pour la marche d'escalier

		Goniomètre	Bioval <sup>®</sup>
ESCALIERS	CF	29,9°	33,4°
	CLPF	57°	47,3°

Tableau V : Moyennes des amplitudes de flexion pour l'escabeau

		Goniomètre	Bioval <sup>®</sup>
ESCABEAU	CF	35,4°	46,6°
	CLPF	76,4°	64,6°

D'après les tableaux IV et V, nous observons une différence dans les mesures obtenues par le système Bioval<sup>®</sup> d'une part et le goniomètre de Houdre d'autre part. Pour les mesures de l'articulation CF, le système Bioval<sup>®</sup> est en moyenne supérieur d'environ 10°. Pour le CLPF, c'est le goniomètre de Houdre qui évalue en moyenne 10° au dessus. Il y a cependant pour la mesure au niveau l'articulation CF dans les escaliers où les valeurs du système Bioval<sup>®</sup> est supérieur d'en moyenne 3,5°.

## 4.3. Etude de la concordance entre les deux outils de mesure

### 4.3.1. Principes de la méthode statistique Bland et Altman

La méthode d'analyse de concordance de Bland et Altman est une représentation graphique, ayant en abscisses la moyennes des valeurs obtenues par les deux outils de mesures et en ordonnées la différence entre ces valeurs. (15) (16)

La concordance étudie l'écart existant entre les valeurs de deux outils de mesure, c'est à dire la sur ou sous estimation d'une méthode par rapport à l'autre. Ces deux outils de mesure doivent analyser la même grandeur, dans la même unité.

Cependant, l'interprétation des résultats se fonde sur la clinique. C'est à l'examineur de déterminer des limites de concordance qu'il considère comme acceptable.

#### 4.3.2. Analyse de la marche d'escalier

##### 4.3.2.1. Articulation coxo-fémorale (CF)

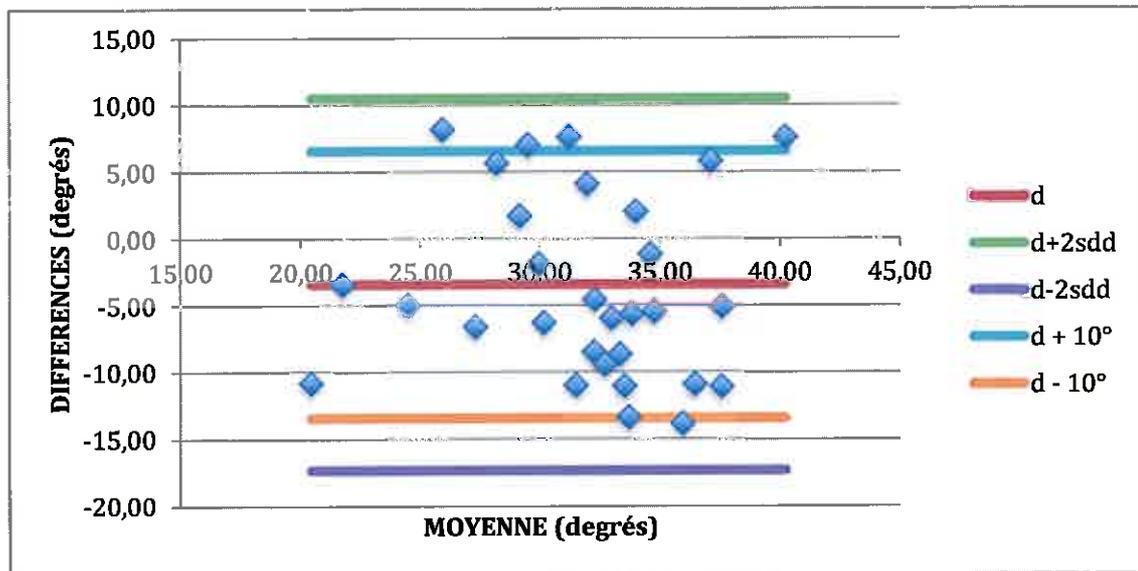


Figure 3 : Graphique Bland et Altman pour les mesures de la CF pour l'escalier

L'analyse de la concordance se fait par le graphique de Bland et Altman.

Sur l'axe des abscisses, la moyenne correspond à la moyenne des mesures faites avec le goniomètre manuel et celles par Bioval<sup>®</sup>. En ordonnées, la différence correspond à la différence des mesures faites par le goniomètre et celles faites par Bioval<sup>®</sup>.

d, la moyenne des différences fait référence au biais existant entre les deux outils de mesure (13). Ici, sa valeur est de  $-3,68^\circ$ . Cela indique que le goniomètre manuel sous-évalue de  $3,46^\circ$  le système Bioval<sup>®</sup> dans la mesure fait au niveau de l'articulation coxo-fémorale.

Sdd correspond à l'écart type des mesures.

Les limites supérieure ( $d+2sdd = 10,19^\circ$ ) et inférieure ( $d-2sdd = -17,55^\circ$ ), indiquent les limites d'agrément (limites de concordance).

Lors de l'utilisation d'un goniomètre manuel type goniomètre de Houdre, il faut tenir compte des imprécisions possibles en ce qui concerne la fiabilité inter et intra-testeur. Ces imprécisions sont de l'ordre de  $5^{\circ}$  à  $10^{\circ}$ , fonction de l'articulation mesurée (17).

D'après ces analyses de la littérature, nous estimons que les limites de concordance acceptables se trouvent entre  $+10^{\circ}$  et  $-10^{\circ}$ .

Nous constatons sur la figure 3, que certains sujets se situent à la limite de concordance, deux sujets sont justes en dehors de ces limites

#### 4.3.2.2. Complexe lombo-pelvi fémoral

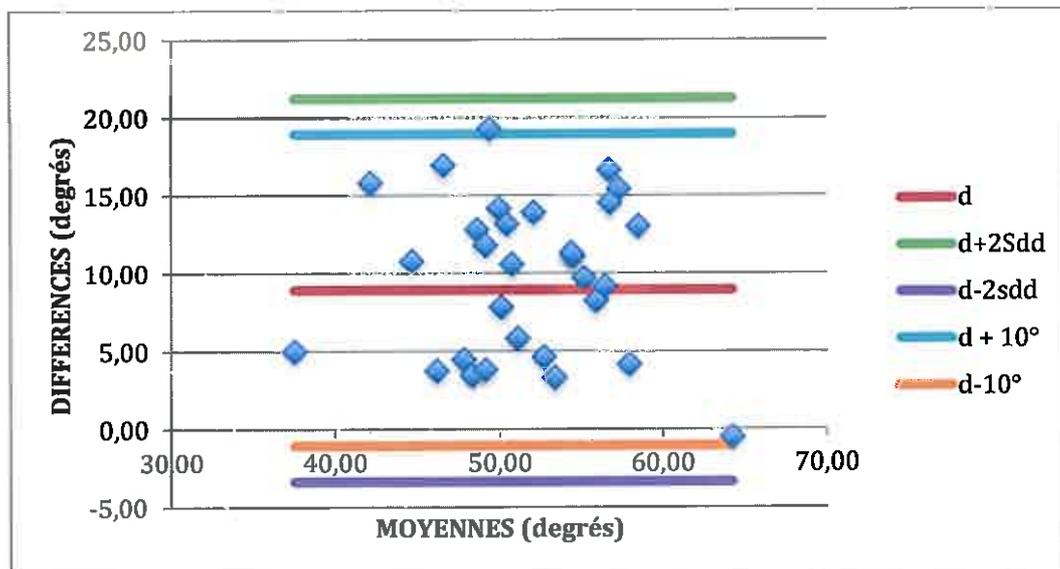


Figure 4 : Graphique Bland et Altman pour le CLPF

Ici, les valeurs sont :

- $d = 9,77^{\circ}$
- $d+2sdd = 19,93^{\circ}$
- $d-2sdd = -0,39^{\circ}$

Nous constatons que deux sujets ont des valeurs extrêmes. Ils se situent sur les limites d'agrément. Nous avons rajouté sur le graphique les limites d'agrément que nous avons estimées comme acceptables ( $d \pm 10^{\circ}$ ). Nous constatons que toutes les mesures se situent dans ces limites, excepté une valeur. Nous pouvons donc estimer que la concordance existe.

La valeur de la moyenne des différences (d) montre que le goniomètre de Houdre a des valeurs en moyenne supérieures de  $9,77^\circ$  par rapport au système Bioval<sup>®</sup>.

#### 4.3.3. Analyse de l'escabeau

Nous avons réalisé les mêmes analyses que celles faites pour la marche d'escalier.

En ce qui concerne les analyses de l'articulation coxo-fémorale, les valeurs sont :

- $d = -11,50^\circ$
- $d + 2sdd = 0,05^\circ$
- $d - 2sdd = -23,06^\circ$

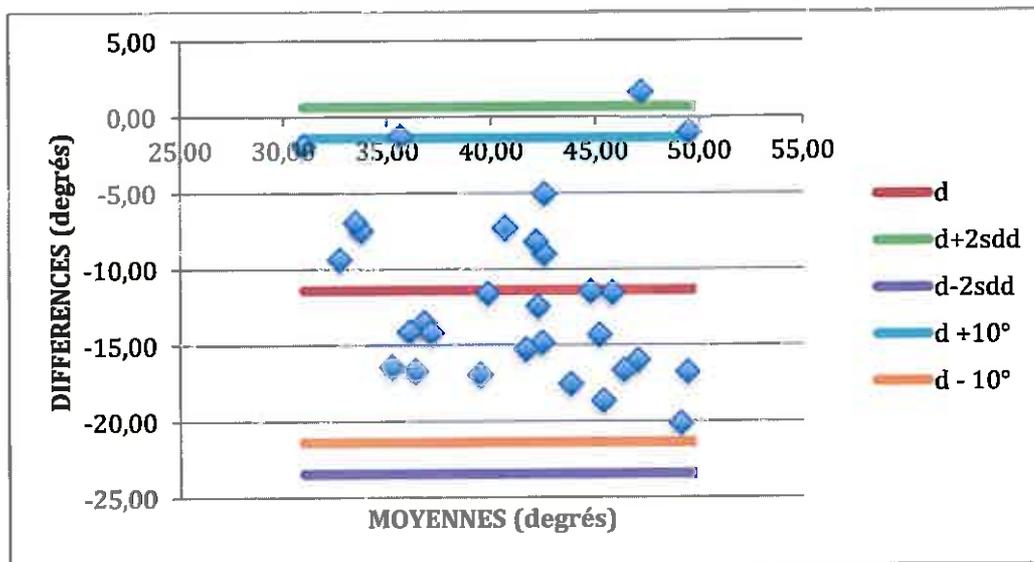


Figure 5 : Graphique Bland et Altman pour la CF

Nous constatons que deux valeurs se situent en dehors des limites d'agrément, toutes les autres mesures se trouvent à l'intérieur des limites de concordance.

Pour ces mesures, nous constatons que le système Bioval<sup>®</sup> a en moyenne des valeurs supérieures de  $11,5^\circ$  en comparaison au goniomètre de Houdre

Pour l'analyse du CLPF, les valeurs sont de :

- $d = 11,80^\circ$
- $d + 2sdd = 22,55^\circ$
- $d - 2sdd = 1,04^\circ$

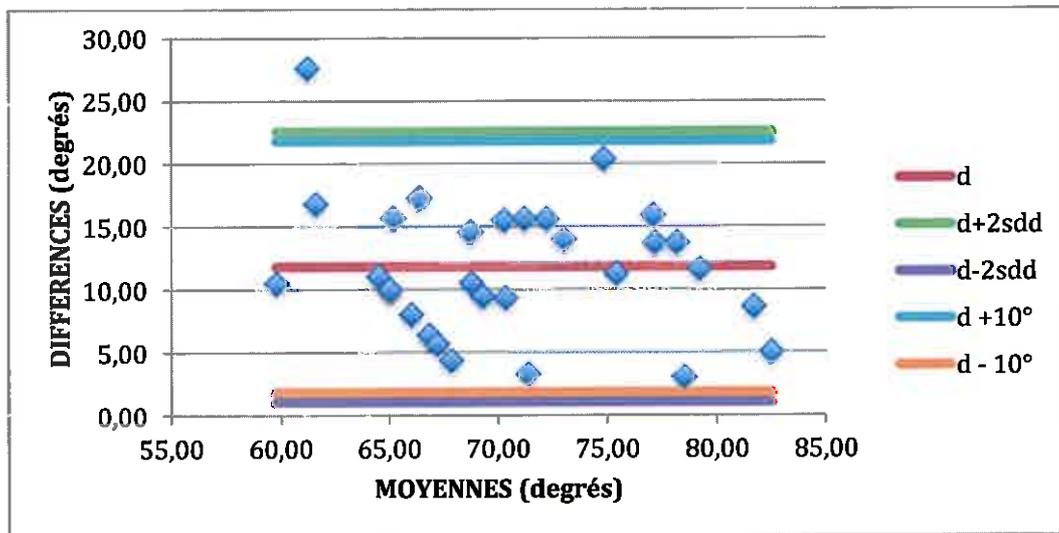


Figure 6 : Graphique Bland et Altman pour le CLPF pour l'escabeau

Une valeur ne se situe pas dans les limites de concordance.

On constate également que le goniomètre de Houdre a des valeurs supérieures de  $11,8^\circ$  en moyenne par rapport au système Bioval®.

#### 4.4. Analyse des courbes obtenues par le système Bioval®

Les graphiques ci-dessus montrent que certains sujets ont des valeurs extrêmes, qui ne se situent pas dans les limites de concordances.

Le système Bioval® étant un outil de mesure dynamique, les sujets peuvent avoir recours à des compensations. En effet, la part de rotations ou d'abduction/adduction que le sujet effectue influe sur les amplitudes de flexion de hanche.

Nous avons pris le parti d'analyser qualitativement certains sujets clés : un sujet dit « standard » et des sujets dits « extrêmes », afin de comparer la tendance de leurs courbes.

#### 4.4.1. Sujet dit « standard »

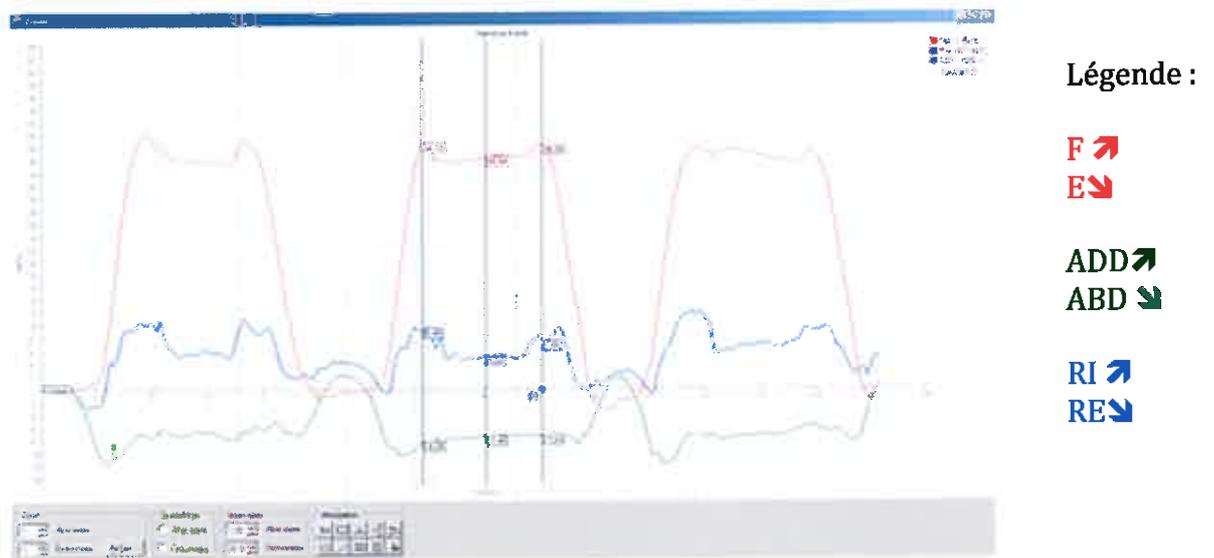


Figure 7 : enregistrement Bioval® d'un sujet standard

Comme décrit dans la partie MATERIEL ET METHODE, nous observons clairement les 3 phases au niveau de la courbe rouge (flexion/extension). Le premier pic étant l'approche de la marche, la partie de plateau où le sujet est statique sur la marche et enfin le deuxième pic étant le retrait du pied pour revenir à la position initiale.

Ces sommets sont plus ou moins marqués en fonction des sujets, de leur compréhension de l'exercice, ainsi qu'en fonction de la répétitivité du geste à effectuer (si c'est le premier, le deuxième ou le troisième mouvement).

Sur cet exemple, il semble qu'il y ait une corrélation de forme entre ces trois courbes. En parallèle aux sommets de la courbe rouge (maximum de flexion de hanche au cours du mouvement), on observe des pics au niveau de la courbe bleue, représentant un maximum de rotation interne, ainsi qu'au niveau de la courbe verte, maximum d'abduction. Ces amplitudes sont bien sur inférieures à celles de flexion. Environ 10° de rotation interne pour 7 à 10° pour l'abduction, mais ces amplitudes sont très variables selon les sujets.

Cependant, lorsque nous posons le pied sur une marche, nous réalisons normalement une avancée du bassin du côté homolatéral ainsi qu'une bascule du bassin dans le plan frontal. Ce

mouvement induit une rotation interne et une abduction de la hanche controlatérale et donc entraînant une rotation externe et adduction de la hanche homolatérale au mouvement.

Les capteurs de Bioval® analysent une position relative du segment jambier par rapport au bassin et non une position anatomique. Ce la peut expliquer l'amplitude de rotation interne ainsi que d'abduction obtenues durant la flexion : à 90° de flexion, l'abduction mesurée par les capteurs semble être sur le plan analytique, une abduction horizontale du segment jambier.

#### 4.4.2. Sujets dits « extrêmes »

Suite à l'analyse des graphiques Bland et Altman, il a été montré que certains sujets ne rentraient pas dans les limites de concordance définies ( $d \pm 10^\circ$ ). Nous allons présenter les courbes de trois sujets différents.

Sujet 10 :

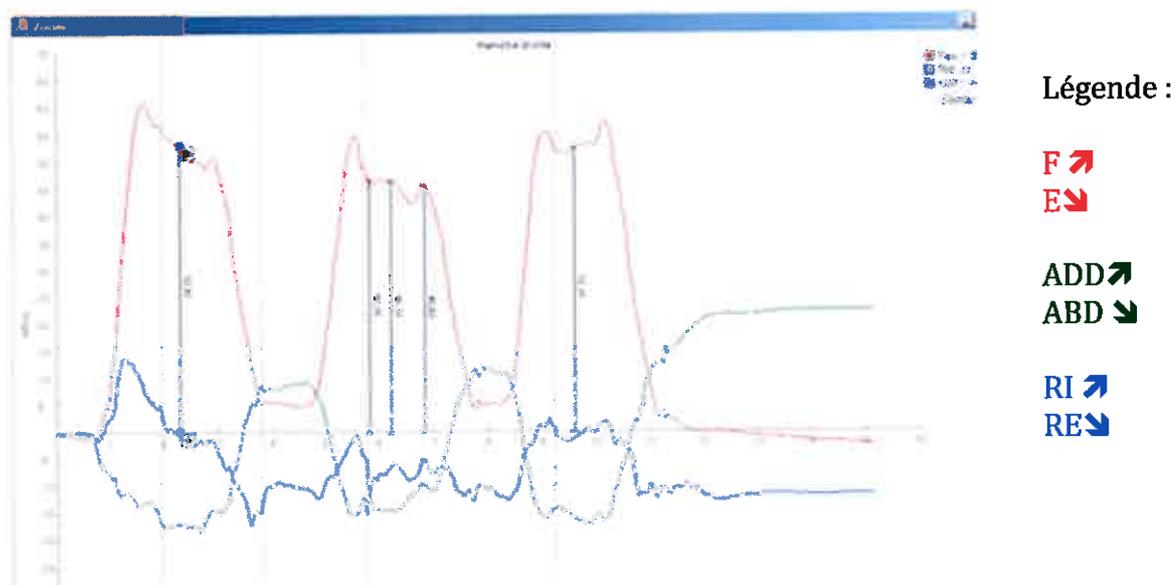


Figure 8 : Mesure dans l'articulation CF, marche d'escabeau

Nous étudions les courbes du sujet 10, car il a été montré que pour l'étude de concordance Bioval® / goniomètre de Houdre de la CF pour la marche d'escalier, ce sujet se trouve en dehors des limites de concordance.

La courbe représentant la flexion de hanche (rouge) est différente de celle du sujet dit « standard ». En effet, nous ne retrouvons pas nettement les 3 phases du mouvement (approche de la marche – pied sur la marche – retrait du pied) dans les deux premiers essais. L'approche de la marche est nette (amplitude de flexion plus importante), le retrait du pied est moins net, l'amplitude de flexion est moins importante en comparaison au premier pic. Le troisième essai est plus représentatif avec des 3 phases.

La valeur Bioval<sup>®</sup> a été obtenue en prenant 3 points se situant à environ la moitié de la phase de plateau et en faisant leur moyenne.

L'analyse de la courbe bleue (RI/RE) montre que le sujet est préférentiellement en position de RE (environ 5-10°). Cependant, lors des maximums de flexion, nous observons un maximum de RI. Plus représentatif lors du 3<sup>ème</sup> mouvement, les deux courbes ont la même allure.

La courbe verte a une allure opposée à la courbe de flexion, c'est à dire que lorsque le sujet effectue une flexion de hanche, il fait également une abduction de hanche homolatérale. Le sujet revient en adduction lors de la position de repos (environ 10°).

Ce sujet adapte une stratégie motrice particulière : partant de la position neutre, il réalise une abduction lors de la flexion, mais à la fin du mouvement, il réalise une adduction d'environ 20. Le sujet n'est pas revenu à la position de départ stricte (pieds joints), il est possible qu'il ait ramené son pied en dedans et légèrement en arrière (faible extension); mais la vraisemblance de cette position en adduction est faible. Nous pouvons supposer que le capteur, à la fin des 3 mouvements de flexion à glisser sur la peau du sujet.

Sujet 26 :

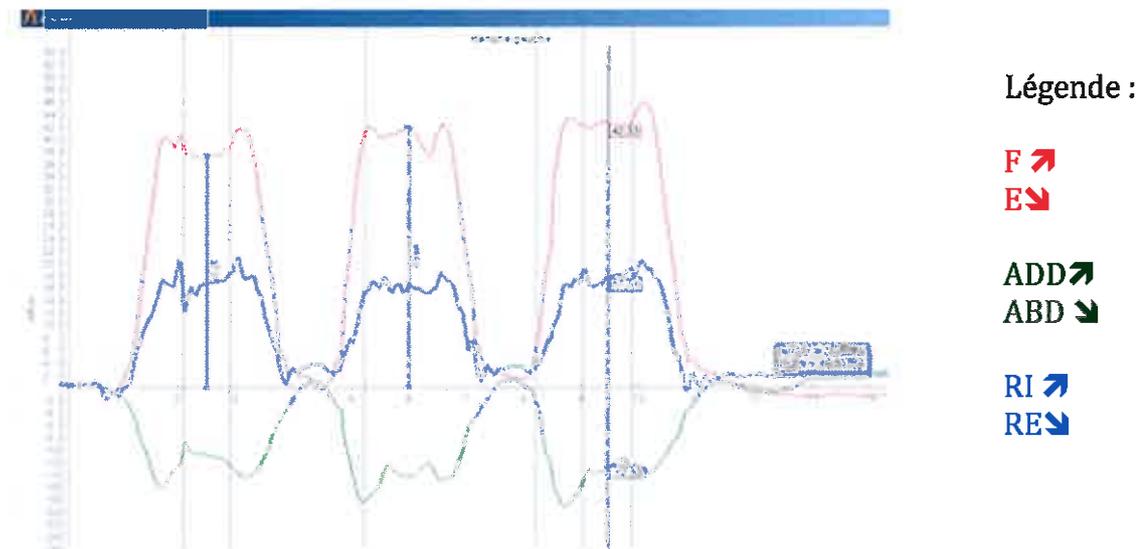


Figure 9 : Mesures dans l'articulation CF pour la marche d'escalier

Sur le graphe de Bland et Altman des mesures « CF, marche d'escalier », le sujet 26 se situe sur la limite de concordance. Il y a également un écart de 13° entre les mesures de Bioval® (40°) et la mesure statique du goniomètre (27°).

Sur la figure 8, nous observons que les trois courbes ont un même aspect. Nous observons bien les 3 phases à chaque mouvement sur la courbe de flexion.

Contrairement au sujet précédent, le sujet 26 part en RI (environ 20°) et non en RE lors de la flexion de hanche.

La courbe verte, indique qu'en association avec la flexion, le sujet est en abduction d'environ 15°.

## Sujet 7 :

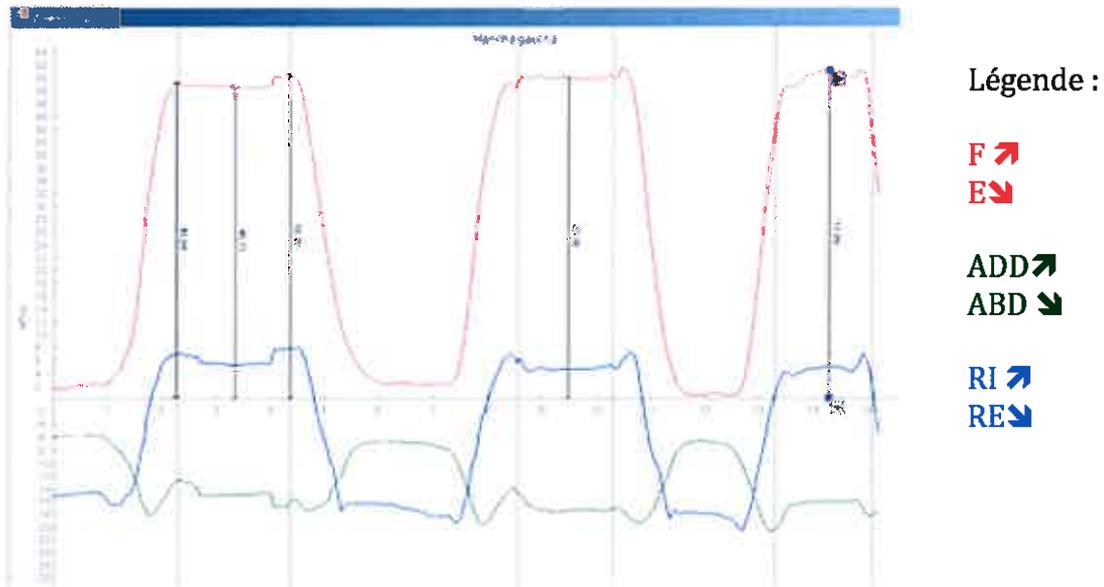


Figure 10 : Mesures dans le CLPF pour la marche d'escalier

Nous avons choisi d'étudier les courbes du sujet 7 pour les mesures « CLPF, marche d'escalier », car il y a un écart de  $15,4^\circ$  entre les amplitudes obtenues par Bioval<sup>®</sup> ( $49,60^\circ$ ) et celle par le goniomètre ( $65^\circ$ ).

Pour la courbe de flexion, nous observons qu'il y a peu de distinction entre la phase de plateau et l'abord et retrait du pied. La phase de plateau n'est pas parfaitement linéaire, cela peut s'expliquer par des oscillations antéro-postérieures réalisées par le sujet, comme stratégie d'équilibration.

D'après la courbe bleue, en position de départ, le sujet est en RE d'environ  $15^\circ$ . La courbe suit effectivement le tracé de la courbe de flexion, mais son point de départ n'est pas en 0, la rotation interne est donc moins importante que chez un sujet dit « standard » (de  $5$  à  $10^\circ$ ).

On observe également une abduction d'environ  $5^\circ$  (vert) en position de départ. Le sujet ne revient pas à la position neutre lors des mouvements, il y a une augmentation de l'abduction lors de la flexion (phase de plateau environ  $15-20^\circ$ ). Normalement, les courbes de RI/RE et ABD/ADD, du fait de la calibration des capteurs avant la prise de mesure, auraient

logiquement dû en zéro. La remise à zéro pour chaque sujet n'étant pas possible, nous pouvons nous interroger sur les valeurs de ces deux courbes.

## 5. DISCUSSION

### 5.1. Rappel des résultats

Cette étude démontre qu'il existe un parallélisme entre le goniomètre de Houdre et le système Bioval<sup>®</sup> en ce qui concerne la mesure de flexion dans l'articulation de hanche ainsi que dans le complexe lombo pelvi fémoral.

De plus, nous pouvons dire d'après l'analyse des courbes dynamiques Bioval<sup>®</sup>, que chaque sujet a une stratégie propre pour poser le pied sur une marche. La hauteur de cette marche influe sur les compensations effectuées.

Enfin, nous constatons que les amplitudes de flexion de hanche pour poser le pied sur une marche sont moindre que celles décrites dans la littérature. D'après le système Bioval<sup>®</sup>, la flexion nécessaire pour poser le pied sur une marche standard est de 48° pour le CLPF et de 34° pour la CF. En ce qui concerne l'escabeau (30 cm de haut), la flexion mesurée pour le CLPF est de 70° en moyenne et de 48° pour la CF.

### 5.2. Limites de notre étude

Un biais de cette étude concerne les outils de mesure. En effet, la mesure goniométrique est une mesure statique tandis que le système Bioval<sup>®</sup> utilise une analyse dynamique prenant en compte le mouvement relatif des capteurs placés sur le segment jambier par rapport aux capteurs situés en regard des EIPS.

De plus, les plans utilisés pour la prise de mesure sont différents. Pour le goniomètre, les mesures se sont faites dans le plan sagittal tandis que les capteurs Bioval<sup>®</sup> se situent dans deux plans différents. Les capteurs placés sur le segment jambier sont dans le plan sagittal

tandis que les deux autres capteurs sont dans le plan frontal. Cela peut expliquer un écart de valeurs entre les deux outils.

La précision des mesures goniométrique se fait au degré près tandis que le système Bioval<sup>®</sup> a une précision au 100<sup>ème</sup> de degré. Cette précision est pertinente lors des tests en laboratoires mais n'est techniquement pas utilisable en pratique courante. Cela nécessite d'arrondir à la valeur et paradoxalement de perdre cette précision.

Il y a des biais concernant l'examineur. Les capteurs de Bioval<sup>®</sup> étant fixés sur une bande Velcro<sup>®</sup>, ils ne sont pas fixés directement sur le sujet, il est donc possible que les capteurs bougent durant les mouvements, suivant l'élasticité de la peau, sujet dépendant.

Le système Bioval<sup>®</sup> étant un outil de mesure relativement récent, utilisé pour la première fois par l'examineur, la prise en main de l'appareil est une donnée à prendre en compte. Nous avons rencontré, pour certains sujets, la nécessité de refaire la calibration des capteurs et donc la mesure en cours.

Comme nous l'avons vu dans la partie résultat, tous les sujets n'ont pas des courbes où les trois phases sont nettement représentées. Nous avons fait le choix pour la détermination de l'amplitude de flexion, de prendre un point se situant au milieu de la phase de plateau pour les trois mouvements et d'en faire la moyenne. Cela ne permet cependant pas d'affirmer que la moyenne à le même sens que la mesure d'un plateau réel.

Cette méthode influe donc également sur les valeurs obtenues, cela diminue la précisions de nos résultats et donc influe sur la concordance entre le goniomètre de Houdre et le système Bioval<sup>®</sup>.

Il y a ensuite des limites concernant l'environnement et le sujet. Le repérage anatomique, base de nos mesures, est influencé par la corpulence du sujet, son IMC.

La consigne pendant la prise de mesure est de rester droit, regard à l'horizontal et bras le long du corps pour limiter les compensations. Cela implique que le sujet tienne la position le temps de la prise de mesure statique et également pour la mesure dynamique. Il y a donc un temps d'explication, il est nécessaire de vérifier que le sujet exécute correctement le mouvement. Les mesures ont été réalisées aux heures où il y a le moins de passage dans les escaliers de

l'IFMK afin de minimiser les perturbations environnementales, et les difficultés de concentration pour le sujet.

### 5.3. Propositions d'amélioration

Il nous semble important de réaliser, avant le début de l'étude, plusieurs essais avec le système de mesure Bioval<sup>®</sup>. Non seulement pour que l'examineur ait une meilleure connaissance du fonctionnement de cet outil mais également pour en exploiter au mieux toutes les possibilités.

Nous avons utilisé dans notre étude le logiciel BIOVAL<sup>®</sup> version 4.5 datant de septembre 2009. L'utilisation de la dernière version du logiciel nous aurait peut être permis d'éviter quelques problèmes pratiques. En effet, lors de la prise de mesures chez certains sujets, les capteurs ne répondaient plus, nous obligeant à recalibrer les capteurs. Cette manœuvre est normalement réalisée une fois par mois.

La fixation des capteurs se fait par l'intermédiaire d'une bande Velcro<sup>®</sup>. Il arrive que lors du mouvement, cette fixation glisse. Un autre moyen de fixation possible est l'utilisation d'une surface autocollante à appliquer sur la peau du sujet. Cependant, le coût aurait été trop important pour pouvoir le généraliser à tous les sujets.

### 5.4. Application masso-kinésithérapique

La fiabilité et la reproductibilité de systèmes utilisant des capteurs inertiels tels que l'outil Bioval<sup>®</sup> que nous utilisons, ont été prouvé dans plusieurs études (15). Un des objectifs de notre étude est de valider la concordance entre le goniomètre de Houdre, outil de référence, et le système Bioval<sup>®</sup>.

Dans cette étude, nous avons utilisé le système Bioval<sup>®</sup> comme outil de mesure. Il nous semble encore difficile de l'utiliser lors d'un bilan diagnostique kiné (BDK). Le temps de réalisation et d'interprétation est important, en tenant compte de la réalisation, de la vérification de la position et stabilité des capteurs, ainsi que de la lecture des courbes.

En pratique quotidienne, hors contexte de laboratoire, l'interprétation de tous les résultats reste complexe. Il semblerait que la comparaison entre le système Bioval® et le goniomètre de Houdre mérite encore des approfondissements (notamment concernant la sur ou sous estimation selon les mesures).

D'après nos graphiques Bland et Altman (fig. 3, 4, 5 et 6), nous pouvons affirmer que des limites d'agrément fixées à  $\pm 10^\circ$  sont suffisantes pour admettre la concordance entre ces deux outils de mesure. Cependant, lors de nos analyses nous constatons qu'il existe un écart entre les deux outils (valeur d, moyenne des différences). Cette différence est d'environ  $10$  à  $12^\circ$ . Nous pouvons l'expliquer en partie par les différentes limites citées précédemment.

Cette différence est à prendre en compte lors de la comparaison de deux mesures. L'analyse des mesures montre une différence d'environ  $10^\circ$  entre les deux outils. Il semblerait que les valeurs moyennes du goniomètre soient de  $10^\circ$  supérieures lors des mesures dans le CLPF mais qu'il ait des valeurs inférieures à celle du système Bioval® lors des mesures de l'articulation CF. S'il y avait eu un plus grand nombre de sujets, nous aurions pu avoir une différence entre valeurs plus faible.

Bioval® n'est pas seulement un outil de mesure, il est également un outil de rééducation utilisant le Biofeedback. En effet, lorsque le système est relié à un écran, il est possible d'avoir recours à des exercices de proprioception ou encore de rééducation d'équilibre. Les capteurs analysant les mouvements en temps réel, le feedback est immédiat et le patient peut se corriger au fur et à mesure de son exercice.

## 6. CONCLUSION

Les outils de mesure utilisant des capteurs inertiels tel que le système Bioval® sont une avancée technologique. Ces outils sont encore récents et donc peu connus ou du moins peu utilisés, dans le milieu médical et para médical.

Selon la littérature, dont les études ont été réalisées en laboratoire, le système Bioval® est fiable et reproductible par rapport à d'autres systèmes d'analyse 3D.

D'après nos données, nous pouvons conclure que le système Bioval® et le goniomètre de Houdre sont concordants à une constante près (10°). Dans la pratique quotidienne, la fiabilité est plus difficile à obtenir en considérant que les capteurs peuvent glisser, ce qui implique de recommencer la prise de mesure. De plus, l'interprétation de certaines courbes (ici les rotations) reste difficile.

Il nous semble donc, que dans la pratique quotidienne, le système Bioval® soit un outil complexe à utiliser en tant qu'outil de mesure.

Le système Bioval® offre un large éventail de possibilités thérapeutiques, nous pouvons imaginer l'utiliser pour analyser la montée et descente des escaliers pour chaque articulation du membre inférieur et ainsi observer les corrélations existantes entre elles ?

Lors de cette étude, nous avons pu observer que l'amplitude de flexion de hanche dépend de la hauteur de la marche, de la stratégie motrice, c'est-à-dire l'association d'abduction et de rotation qui influent sur la hauteur atteinte par le pied, ainsi que de la taille du sujet, en particulier la longueur de ses membres inférieurs.

Nous pouvons supposer qu'il existe une relation du type :  $x$  flexion (degrés) +  $y$  rotation (degrés) +  $z$  abduction (degrés) +  $h$  MI (cm) = amplitude de flexion nécessaire pour poser le pied sur une marche.

$x$ ,  $y$ ,  $z$  sont les coefficients de pondération pour les différents facteurs.

Cette relation est donc bien différente de l'affirmation qu'il est nécessaire de réaliser 90° de flexion de hanche pour pouvoir monter les escaliers.

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] **BRADFORD J.** et al. An integrated biomechanical analysis of normal stair ascent and descent. *J Biomechanics*. 1988 ; 21 (9) : 733-44
- [2] **HUSSON JL** et al. The lumbar-pelvic-femoral complex : applications in hip pathology. *Orthopaedics & Traumatology : Surgery Research*. 2010 ; 96 (4) : 10-16
- [3] **KAMINA P.** Anatomie Clinique : membres, tome 1. 4<sup>ème</sup> édition. Paris : Maloine, 2009
- [4] **PROTOPAPADAKI A, DRECHSLER WI, CRAMP MC, COUTTS FJ, SCOTT OM.** Hip, knee, ankle kinematics and kinetics during stair ascent and descent in healthy young individuals. *Clin Biomech*. févr 2007;22(2):203-10.
- [5] **RIENER R, RABUFFETTI M, FRIGO C.** Stair ascent and descent at different inclinations. *Gait Posture*, 2002; 15 : 32-44
- [6] **QUEMARD A.** Montée et descente des escaliers: recherche de critères prédictifs pour la réalisation de cette activité chez l'hémiplégique. 2011. 25p. Mémoire de fin d'études : Institut de Formation en Masso Kinésithérapie de Rennes.
- [7] **ZACHAZEWSKI J.E, RILEY, PO, KREBS, DE.** Biomechanical analysis of body mass transfer during stair ascent and descent of healthy subjects. *J Rehabil Res Dev*. 1993;30(4):412-22.
- [8] **MORALES Georges.** L'Echelle Européenne. 2013. <http://www.echelle-europeenne.com/pages/normes-et-reglementation-des-escaliers-et-balustrades> (10 janv 2015).
- [9] **NEUFERT E.** Les éléments des projets de construction. 7<sup>ème</sup> édition. Paris. Dunod, 1996, p170.

- [10] **CONRARD S.** RM Ingénierie: pleins feux sur Bioval. *Kiné Actual.* 2009, 1170 : 37
- [11] **PEREZ-CRUZADO, D, GONZALEZ-SANCHEZ M, CUESTA-VARGAS AI.** Parameterization and reliability of single-leg balance test assessed with inertial sensors in stroke survivors: a cross-sectional study. *Biomed Eng Online.* 2014; 13 : 127-38
- [12] **CUESTA-VARGAS AI, GALAN-MERCANT A, WILLIAMS JM.** The use of inertial sensors system for human motion analysis. *Phys Ther Rev.* déc 2010;15 : 462-73.
- [13] **PICERNO P, CEREATTI A, CAPPOZZO A.** Joint kinematics estimate using wearable inertial and magnetic sensing modules. *Gait Posture.* nov 2008;28 :588-95.
- [14] **HAS.** Analyse instrumentale de la cinématique de la marche. 7p. Service évaluation des actes professionnels. Juin 2007.
- [15] **JOURNOIS D.** Concordance de deux variables : l'approche graphique, méthode de Bland et Altman. *Rev. Mal. Respir.* 2004; 21: 127-30
- [16] **SYLVESTRE MP.** Faire et analyser un graphique de Bland et Altman pour évaluer la concordance entre deux instruments ou plus. 9p Service de consultation en biostatistique du CRCHUM. Janvier 2011
- [17] **ROYER A, CECCONELLO R.** Bilans articulaires cliniques et goniométriques. Généralités. *Encycl Méd-Chir.* 2004;26.

# **ANNEXES**

**ANNEXE I : Formulaire de consentement**

**ANNEXE II : Manuel d'utilisation de Bioval**

**ANNEXE III : Placement des capteurs**

**ANNEXE IV : Tableau récapitulatif**

## **ANNEXE I**

### **Formulaire de consentement**

#### **MESURE DE LA FLEXION DE HANCHE DANS LES ESCALIERS AVEC LE SYSTEME BIOVAL COMPARE AU GONIOMETRE MANUEL**

Madame, Monsieur,

Les amplitudes de hanche nécessaires à la montée d'un escalier ont été calculées et analysées à plusieurs reprises dans la littérature.

Cette étude utilise un système de mesure récent composé de capteurs inertiels, BIOVAL. BIOVAL se base sur les mouvements des membres dans les trois plans de l'espace, les amplitudes en temps réel.

La hanche est l'articulation au centre de cette étude.

Les études consacrées aux amplitudes des mouvements de hanche dans les escaliers ne précisent pas toujours si les mesures sont prises au niveau du complexe lombo pelvi fémoral ou au niveau de l'articulation coxo-fémorale. Ces dernières se basent généralement sur des hauteurs de marches standards.

Dans cette étude, nous analysons les amplitudes de flexion au niveau du CLPF, de la coxo-fémorale pour une hauteur de marche standard et une marche plus haute.

Bien sûr ces amplitudes diffèrent en fonction de la taille du sujet.

Pour cette étude, la longueur de vos membres inférieurs est mesurée. 4 capteurs sont placés sur vos segments fémoraux et en regard des EIPS, puis en regard de la ligne des grands trochanters.

Il vous est demandé sur une période de 15 sec de poser votre pied dominant sur la marche d'escalier. Ce test sera répété deux fois : la première pour la marche de hauteur standard, et la seconde sur un marche pied plus haut.

Votre participation à cette étude est librement consentie et il vous est possible de la quitter à tout moment sans aucun préjudice pour vous.

**Vous n'aurez aucune charge financière à supporter.**

**Bien entendu, les données et informations recueillies resteront strictement confidentielles.**

### **Formulaire de consentement éclairé**

Je, soussigné(e), M, Mme, Melle ..... né(e) le ..... , certifie

- ⇒ **Après avoir reçu oralement et par écrit toutes les informations nécessaires précisant les modalités de déroulement de cette étude.**
- ⇒ **J'ai eu la possibilité de poser toutes les questions qui me paraissent utiles pour la bonne compréhension de la note d'information et de recevoir les réponses claires et précises.**
- ⇒ **J'ai disposé d'un délai de réflexion suffisant avant de prendre ma décision.**
- ⇒ **J'accepte librement et volontairement de participer à cette recherche dans les conditions ci-dessus, sachant que je suis libre de refuser sans que cela ait de conséquence sur la qualité de mes soins.**
- ⇒ **Je suis conscient que je peux arrêter à tout moment ma participation à cette recherche sans supporter aucune responsabilité.**

**Je donne mon accord pour participer à cette étude dans les conditions ci-dessous.**

- ⇒ **Cet accord ne décharge en rien les organisateurs de l'étude de leur responsabilité.**
- ⇒ **Toutes les données et informations qui me concernent resteront strictement confidentielles.**
- ⇒ **Je pourrai à tout moment demander toute information complémentaire aux organisateurs de l'étude.**

⇒ **Fait à ....., le**

**Signature de l'investigateur**

**Signature du Volontaire**

**Précédée de la mention lu et approuvé**

## ANNEXE II

### Manuel d'utilisation du système BioVal

#### Installation du logiciel

##### Installation LOGICIEL

Si il s'agit d'une première installation du système BioRescue reportez-vous au paragraphe « *Installation de la plateforme* » correspondant à votre système d'exploitation.

Si il s'agit d'une première installation du système BioVal ou RM.Spine reportez-vous au paragraphe « *Détection des capteurs* ».

Si il s'agit d'une première installation du système RM.Lab ou RM.Gali reportez-vous au paragraphe « *Détection des capteurs* » ou/et « *Installation de la plateforme* » selon votre matériel.

Si vous avez fait l'acquisition d'un capteur supplémentaire, reportez-vous au paragraphe « *Mise à jour des capteurs* » pour vérifier si votre ancien capteur ne nécessite pas une mise à jour.

##### Notes



SyCoMoRe

Pour accéder au logiciel, double-cliquez sur l'icône présente sur le bureau ou cliquez sur le menu **Démarrer/Programmes/RM/Ingénierie/SyCoMoRe**.

##### Paramétrage des sauvegardes

Il est important d'effectuer des sauvegardes de vos données, un paramétrage est nécessaire :  
Dans **SyCoMoRe**, sélectionnez l'option « **Sauvegardes** » dans le menu **Paramètres**.

##### Désactivation des veille USB

Sur un ordinateur portable il se peut que vous ayez besoin de désactiver la mise en veille USB depuis le gestionnaire de périphérique afin d'éviter des problèmes de déconnexion du matériel.

##### Problèmes pouvant survenir lors de l'installation :

Avec Windows VISTA, SEVEN et 8, si vous obtenez le message « **L'installation du moteur de la base de données a échoué** », vous devez redémarrer votre ordinateur et relancer l'installation.

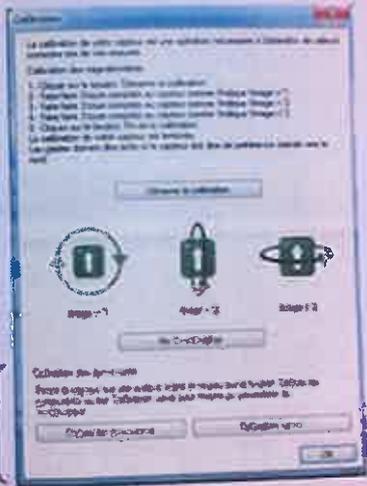
## Calibration des capteurs

**SURVAL**  
**BIARRITZ**

Calibration des capteurs

### CALIBRATION DES CAPTEURS

Sur la fenêtre « Paramètres des capteurs », accessible depuis le menu Paramètres / Paramètres des capteurs, sélectionnez la ligne du capteur à calibrer et cliquez sur le menu Outils / Calibration puis suivez les instructions.



Cette zone n'apparaît que si vous possédez des capteurs V3.

Il est fortement conseillé de procéder à la calibration de chaque capteur au moins une fois par mois. Si vous disposez de capteurs V3, procédez également à la calibration des gyroscopes.

➤ *Note : Si des erreurs de mesures apparaissent lors de l'utilisation du logiciel, effectuez une nouvelle calibration. Il se peut également que votre PC n'alimente pas assez vos capteurs. Dans ce cas, il est nécessaire de brancher les capteurs via un HUB USB alimenté.*

12

## Réalisation d'une analyse

### LES ANALYSES

#### 2. Réaliser une analyse

Pour lancer une analyse double cliquez sur son intitulé, vous obtenez une présentation visuelle indicative de la conduite à tenir par le patient pour effectuer l'analyse.

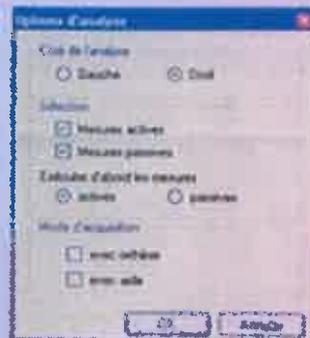
↳ Il peut s'agir d'une position à conserver ou d'un mouvement à réaliser.

↳ Avec **BIOVAL LITE** vous avez la possibilité d'utiliser une plateforme **Wii-Pod** (vendu par **R&D Ingénierie** ou **MEDICAPTEUR**) lors de certaines analyses. Voir « Options d'analyse ».

#### Déroulement de l'analyse

Le déroulement d'une analyse s'effectue en plusieurs étapes :

1. Si le logiciel vous le propose définissez les « paramètres de la mesure ».
2. Lorsque le patient est prêt cliquez sur « Enregistrer ».
3. L'acquisition terminée, saisissez les paramètres de faisabilité, de douleur et de pénibilité.
4. Cliquez sur « Suivant », pour passer au test qui suit.

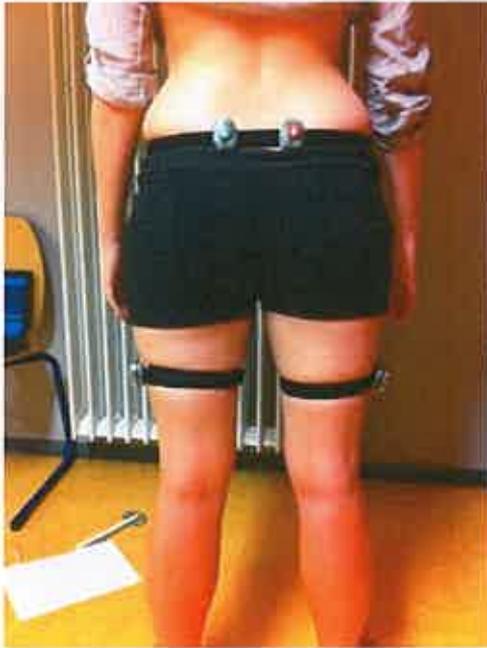


Lorsque la mention **« Acquisition terminée »** apparaît à l'écran, cliquez sur **« Terminer »** pour valider l'analyse ou sur **« Précédent »** pour recommencer les tests qui ne vous sembleraient pas avoir été réalisés dans de bonnes conditions.

#### 3. Visualiser une analyse

Après réalisation d'une analyse, les résultats obtenus sont automatiquement affichés à l'écran et référencés par date dans l'arborescence du **« Dossier médical »**. Pour visualiser les résultats d'une analyse, il suffit alors, de double-cliquer sur son intitulé.

**ANNEXE III**  
**Placement des capteurs**



## ANNEXE IV

### Tableau récapitulatif

	ESCABEAU						ESCALIERS					
	CF			CLPF			CF			CLPF		
	GONIOMETRE	BIOVAL		GONIOMETRE	BIOVAL		GONIOMETRE	BIOVAL		GONIOMETRE	BIOVAL	
<b>MOYENNE</b>	35,43	46,75		76,43	64,63		29,96	33,3	57	46,41		
<b>ECART TYPE</b>	5,7	6,63		6,12	7,21		5,56	6,0	6,35	6,27		
<b>MEDIANE</b>	35	46,3		75	64,39		30	34,74	56,5	46,41		
<b>QUARTILE 1</b>	30	43,45		70	60,38		28	28,71	54	42,9		
<b>QUARTILE 3</b>	38,75	51,29		80,75	69,56		32,75	37,31	60,75	50,14		
<b>MINI</b>	27	31,9		65	47,4		20	21,83	40	34,22		
<b>MAXI</b>	49	58,1		86	80		44	43,11	69	64,54		

Unité : degrés