

MINISTÈRE DE LA SANTÉ  
RÉGION LORRAINE  
INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE  
DE NANCY

**REPRODUCTIBILITÉ INTRA-TESTEUR :**  
**ÉTUDE GONIOMÉTRIQUE ET INCLINOMÉTRIQUE**  
**DE LA FLEXION-EXTENSION PASSIVE DU POIGNET**

Mémoire présenté par **Mathilde JULLION**  
étudiante en 3<sup>ème</sup> année de masso-kinésithérapie  
en vue de l'obtention du Diplôme d'État  
de Masseur-Kinésithérapeute  
2013-2014

## **SOMMAIRE**

	<b>Page</b>
RÉSUMÉ	
1. INTRODUCTION.....	1
2. MÉTHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE.....	3
3. RAPPELS.....	3
3.1. Généralités sur la goniométrie et ses instruments.....	3
3.1.1. Les goniomètres à deux branches.....	4
3.1.2. Les goniomètres à index soumis à la pesanteur .....	4
3.1.3. Autres appareils.....	6
3.2. Qualités requises d'un instrument de mesure.....	6
3.2.1. Validité de convergence.....	6
3.2.2. Reproductibilité intra-testeur et inter-testeur.....	6
3.2.3. Fidélité.....	7
3.2.4. Rapidité.....	7
3.2.5. Facilité d'utilisation.....	7
3.3. Le complexe articulaire du poignet.....	7
3.3.1. L'articulation radio-ulnaire inférieure.....	8
3.3.2. L'articulation radio-carpienne.....	8
3.3.3. L'articulation médio-carpienne.....	8
3.4. Les moyens de stabilité passive.....	9
3.4.1. L'articulation radio-ulnaire inférieure.....	9
3.4.2. L'articulation radio-carpienne.....	9
3.4.3. L'articulation médio-carpienne.....	9
3.5. Dynamique de la flexion-extension.....	10
4. MATÉRIEL ET MÉTHODE.....	10
4.1. Population.....	10
4.1.1. Critères d'inclusion.....	11

4.1.2. Critères d'exclusion.....	11
4.1.3. Critères de non inclusion.....	11
4.2. Matériel.....	11
4.2.1. Goniomètres à deux branches.....	11
4.2.2. Goniomètres à index soumis à la pesanteur.....	12
4.2.3. Autres matériaux.....	13
4.3. Méthode.....	14
4.3.1. Questionnaire.....	14
4.3.2. Installation du sujet.....	15
4.3.3. Installation de l'évaluateur.....	16
4.3.4. Mesure.....	16
5. ANALYSE STATISTIQUE DES RÉSULTATS.....	19
5.1. Généralités et caractères anthropométriques.....	19
5.2. Méthode statistique.....	19
5.3. Résultats.....	21
5.3.1. Pour la flexion.....	21
5.3.2. Pour l'extension.....	23
6. DISCUSSION.....	24
6.1. Analyse des résultats.....	24
6.2. Analyse de l'étude.....	25
6.3. Matériel et méthode.....	25
6.3.1. Population.....	25
6.3.2. Protocole.....	26
6.3.3. Mesures.....	27
6.4. Source d'imprécision et d'erreur.....	28
6.5. Difficultés rencontrées.....	30
7. CONCLUSION.....	30
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXE	

## **RÉSUMÉ**

Le but de cette étude est de tester et d'analyser la reproductibilité intra-testeur de l'évaluation passive de la flexion-extension du poignet, par le biais de quatre types d'instruments : un inclinomètre et trois goniomètres. Les mesures sont effectuées sur 26 étudiants « *sains* » de l'ILFMK (Institut Lorrain de Formation en Masso-Kinésithérapie).

Après avoir rappelé les principes de base de la goniométrie et de ses différents instruments, nous développerons et détaillerons le matériel et la méthode nécessaires à la réalisation de cette étude. Une recherche statistique est effectuée par une analyse de la variance (ANOVA) à deux facteurs : « outil » et « mesure ».

Les résultats montrent un effet principal du facteur « outil » au détriment du facteur « mesure ». Il n'y a pas de différence significative entre les mesures à J1 et celles à J2. Cela signifie qu'en tant qu'évaluateur des mesures testées deux fois, sur chaque sujet à un jour d'intervalle, la mesure est sensiblement reproductible. L'effet principal du facteur « outil », démontre des différences significatives entre les instruments. Ils sont interchangeables, et ne peuvent donc pas être intervertis lors de prises d'amplitudes articulaires au cours d'un bilan sur le même sujet.

Cependant il y a des variantes entre la flexion et l'extension. Pour la flexion, il existe une différence significative entre tous les outils, avec une différence moindre pour le Cochin. Pour l'extension seul le Plurimètre V64 et le Labrique diffèrent significativement. Globalement le goniomètre plastique transparent universel type Cochin semble être le plus proche en matière de reproductibilité de l'inclinomètre Rippstein.

**Mots clés** : reproductibilité intra-testeur, goniométrie, poignet, amplitude articulaire,  
plurimètre V64

**Keys words** : reproductibility intra-tester, goniometry, wrist, plurimeter

## 1. INTRODUCTION

Le bilan diagnostic kinésithérapique (BDK) instauré par la parution du décret d'actes N°2000-577 du 28 Juin 2000 communément appelé « décret des compétences des Masseurs-Kinésithérapeutes » tient aujourd'hui une place prépondérante dans l'exercice de notre profession. Évaluant les déficiences, incapacités et désavantages d'un grand nombre de patients, le BDK s'effectue en début, en fin, mais aussi au cours de la prise en charge rééducative. Il permet d'analyser et de suivre leur évolution.

Le bilan articulaire fait partie intégrante des différents bilans qu'utilise le Masseur-kinésithérapeute lors d'un BDK. Il permet de mettre en évidence des déficiences liées aux amplitudes articulaires d'une partie du corps humain. Il quantifie le débattement articulaire du sujet. Associé aux autres bilans, il concourt à l'établissement d'un diagnostic complet dans l'objectif de réaliser un plan de traitement adapté [8], [9], [12].

La prise des amplitudes articulaires est ainsi le reflet des progrès accomplis par le patient tout au long de sa prise en charge. Celle-ci revêt d'un caractère qualitatif lié à la prise de mesure et d'un caractère quantitatif lié à la retranscription des mesures. Le bilan articulaire apparaît au rééducateur comme un geste courant, simple, mais souvent fastidieux. Il exige une parfaite connaissance de l'anatomie articulaire et neuromusculaire de la part de l'évaluateur. Pour pouvoir prétendre à une reconnaissance universelle tout bilan doit être validé. Pour cela, il doit répondre à un certain nombre de critères établis. Il doit être « fidèle », « reproductible » quelque soit l'opérateur, « sensible » ou précis et surtout « valide », en adéquation avec son objet [5], [8], [9].

Pour qu'un bilan soit précis, et transmissible à l'ensemble des équipes médicales et paramédicales il faut que les mesures, qu'elles soient faites par un même évaluateur ou par plusieurs évaluateurs différents, soient précises et reproductibles. Cet élément fondamental de la prise en charge contient toutes les informations confidentielles du patient. Véritable lien entre toutes les équipes médicales et paramédicales, il se doit d'être le plus complet possible.

Les techniques de prise de mesures sont nombreuses. Elles doivent être adaptées en fonction du segment articulaire à évaluer mais aussi en fonction du matériel disponible pour le kinésithérapeute. Les mesures centimétriques, angulaires et les tests chiffrés permettent de quantifier et de qualifier les amplitudes articulaires.

Nous nous intéressons ici à l'évaluation passive des amplitudes articulaires du poignet par l'intermédiaire de la goniométrie.

Nous avons choisi l'articulation du poignet parce que plusieurs appareils de mesure sont cités dans la littérature pour la prise des mesures [8], [9]. La mesure angulaire par inclinométrie est peu répandue en France. Elle est pourtant recommandée par la plupart des textes de l'ANAES (Agence Nationale d'accréditation et d'évaluation en santé) comme étant la méthode la plus fiable et la plus facile d'utilisation pour la mesure de nombreuses articulations comme le rachis et l'épaule [1] [2]. Qu'en est-il pour l'articulation du poignet ?

Beaucoup d'études ont été faites sur la reproductibilité intra-testeur et inter-testeur avec le même outil au niveau du poignet mais très peu d'études comparent cette reproductibilité en utilisant plusieurs goniomètres [15], [16], [17], [18]. C'est pourquoi nous avons décidé de faire appel à quatre appareils :

- Un inclinomètre Rippstein
- Un goniomètre Balthazard
- Un goniomètre Labrique en fer
- Un goniomètre plastique, type Cochin

Que ce soit dans les établissements de santé ou en libéral un patient est souvent suivi par le même kinésithérapeute tout au long de sa prise en charge tant pour les bilans que le traitement. L'objectif de ce mémoire est donc d'évaluer la reproductibilité intra-testeur de ces quatre appareils et d'essayer de répondre aux questions suivantes :

- L'étude de la reproductibilité intra-testeur de l'évaluation articulaire en flexion et extension de poignet nous donne t-elle des similitudes ou des différences significatives entre les outils ?

- Parmi ces appareils y'en a-t-il un qui nous permet d'obtenir la plus petite variabilité entre deux mesures sur le même sujet ?
- Les outils utilisés le plus couramment et cités dans les études sont-ils ceux qui apportent la meilleure reproductibilité intra-testeur ?
- Ces quatre outils sont-ils interchangeables pour la prise de mesure d'amplitude ?

## 2. RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

La mise en place de ce travail écrit a nécessité en amont une étude bibliographique. Pour cela nous nous sommes rendus dans les lieux de recherches suivants : la Bibliothèque Universitaire de la Faculté de Médecine à Brabois et Réédoc (base de données bibliographique de l'Institut Régional de Rééducation).

Le but de la documentation est de s'appuyer sur des références bibliographiques afin d'étayer notre initiation à la recherche. Les mots clés principaux utilisés en français et anglais sont :

- La reproductibilité intra testeur du poignet
- L'inclinométrie, plurimètre V64, Rippstein
- La goniométrie
- Validité, fiabilité

Les recherches sont réalisées à travers les moteurs de recherches suivants : Pubmed, Google Scholar, HAS, EMC associées à une méthode manuelle. Beaucoup de documents ont été trouvés par l'analyse des bibliographies d'articles lus.

## 3. RAPPELS

### 3.1. Généralités sur la goniométrie et ses instruments.

Le terme « goniométrie » est un terme d'origine grecque. Il se décompose en deux mots : « *gonia* » signifiant angle et « *metron* » qui signifie mesure [13]. La goniométrie est une méthode permettant de mesurer les amplitudes articulaires du corps humain, pour laquelle nous utilisons un appareil instrumental appelé goniomètre. La goniométrie fait partie intégrante de la prise en charge d'un patient au niveau des mesures articulaires. Des petits

instruments aux outils les plus complexes, les appareils de prise de mesure ont beaucoup évolué. Les petits appareils tels que le centimètre ou les « *cales en bois* » ont été dépassés par de nouvelles approches : le goniomètre électronique, des appareils spécifiques utilisant des marqueurs optiques à infrarouges (ou des ultrasons), des outils plus complexes comme le gant à fibres optiques et l'imagerie numérisée. Les techniques sont nombreuses et tendent à améliorer la marge d'erreur des mesures [9] [10]. Les outils mis à notre disposition aujourd'hui vont donc du traditionnel goniomètre universel en plastique transparent au goniomètre électronique d'utilisation plus pointue.

Concernant les goniomètres mécaniques utilisés dans cette étude, il en existe deux grands types : les goniomètres à deux branches et les goniomètres à index soumis à la pesanteur.

### 3.1.1. Les goniomètres à deux branches

En plastique ou en métal, les goniomètres à deux branches se composent d'un cadran central gradué en degrés et de deux branches marquées en centimètre. La lecture s'effectue la plupart du temps de 0° à 180° puis de 180° à 0° pour les goniomètres ayant un cadran en demi-cercle. Pour ceux à cercle entier on lit de 0° à 360°, puis de 360° à 0°. Constitués de deux branches, l'une fixe soudée à ce cadran, l'autre mobile, ils peuvent être utilisés quelle que soit la position du sujet et dans tous les plans du corps. Plusieurs tailles de ces goniomètres sont à notre disposition permettant au kinésithérapeute d'utiliser le goniomètre le plus adapté à l'articulation qu'il évalue. Notons le goniomètre de Houdre utilisé pour les articulations à grand bras de levier comme par exemple l'articulation coxo-fémorale. Le goniomètre de Balthazard utilisé pour cette étude présente de petites branches métalliques et s'adapte aux petites articulations (pieds, mains, doigts). En outre le goniomètre en plastique type Cochin est peu coûteux, peu encombrant et léger [12], [13].

### 3.1.2. Les goniomètres à index soumis à la pesanteur

Cette autre grande classe d'appareils se compose des goniomètres à index soumis à la pesanteur, encore appelés goniomètres orthocentriques. Ils sont de deux types :

- Le plus classique est le goniomètre métallique de Labrique :

Il possède un cadran central de  $360^\circ$  ( $0^\circ$ - $180^\circ$ - $0^\circ$ ) gradué des deux côtés avec une face rouge et une face bleue. Muni de deux branches, l'une fixée au cadran central et graduée en centimètre ; l'autre mobile disposant d'une petite aiguille à son extrémité. Elle plombe le cadran, pointant ainsi la valeur angulaire mesurée [9], [12].

- Le second est l'inclinomètre de Rippstein :

Également appelé goniomètre pendulaire, il utilise la gravité et le niveau de fluide qu'il contient pour déterminer l'amplitude de mouvement d'une articulation. Il s'agit de l'outil le moins répandu en France pour les prises de mesures goniométriques. Son utilisation est pourtant considérée comme la méthode la plus fiable et la plus facile de réalisation pour de nombreuses articulations telles que l'épaule ou le rachis, selon la plupart des recommandations de l'ANAES [1], [2]. Encore appelé Plurimètre V64, il se démarque des goniomètres usuels composés de deux branches métalliques articulées qui nécessitent l'utilisation de ses deux mains pour prendre la mesure.

Un des atouts essentiel de cet outil est de ne disposer que d'une seule branche ; une base en plastique qui permet de le maintenir contre le sujet. Cela permet donc de prendre les mesures d'une seule main et de laisser l'autre main libre afin de guider et d'accompagner le mouvement lors des prises d'amplitudes. Utilisant la pesanteur, il nécessite cependant d'être tenu verticalement pour la prise d'amplitudes articulaires, excluant donc son utilisation dans certains types de pathologies. Sa conception a été inspirée d'une nouvelle méthode de mesure qui exige que la position de départ soit toujours à 0, nécessitant donc une mise à 0 de l'inclinomètre avant d'exécuter les prises de mesures.

Son cadran circulaire et pivotable contient une aiguille lestée qui se maintient toujours en position verticale. Gradué de  $180^\circ$ - $0^\circ$ - $180^\circ$ , il se bloque à chaque quart de tour soit tous les  $90^\circ$ . Identique aux compteurs kilométriques une aiguille indique le nombre de degrés de mouvement recherché. Cet outil a une grande diversité d'utilisation. Il peut se combiner aisément avec divers accessoires. Il permet ainsi de mesurer de nombreux mouvements et positions pour lesquelles il fallait jusqu'à présent d'autres instruments souvent compliqués et peu pratiques. On distingue parmi eux le pied à coulisse orthopédique, le triangle pelvien [3], [4], [12].

### 3.1.3 Autres appareils

L'électrogoniométrie permet de mesurer une amplitude articulaire lors d'un mouvement dynamique [10]. Ce moyen de mesure reste cependant à un coût élevé par rapport aux différents appareils évoqués. Même si plus souvent utilisé en recherche qu'en clinique, cette méthode est très pratique car les erreurs dues aux variations de positionnement intra-testeur et inter-testeur sont de 2 ° pour une amplitude totale de 110°.

## 3.2. Qualités requises d'un instrument de mesure

### 3.2.1. Validité de convergence

Elle permet de comparer un outil à d'autres reconnus quand il n'y a pas « *d'étalon d'or* » ou de « *gold standard* » [5]. La validité se définit comme la mesure dans laquelle un instrument mesure ce qu'il est censé mesurer.

### 3.2.2. Reproductibilité intra- testeur et inter-testeur

L'application de la mesure à deux moments rapprochés par la même personne, doit permettre d'obtenir la même valeur. C'est ce qu'on appelle la reproductibilité intra-testeur. De même si deux observateurs différents appliquent la même mesure, ils doivent obtenir des résultats semblables. On parle de reproductibilité inter-testeur. La reproductibilité d'un outil s'évalue par son coefficient de corrélation (pour les mesures quantitatives) ou par son Kappa (pour les mesures qualitatives) [5]. Pour Bohannon et Gajdosik [16] la notion de reproductibilité se définit comme la cohérence obtenue dans la répétition de prise d'amplitudes articulaires, et ceci dans les mêmes conditions pour toutes les mesures. Cette cohérence dépend de la bonne application de l'appareil de mesure et de la procédure qui en découle.

### 3.2.3. Fidélité

Fidélité et reproductibilité sont deux qualités qui ne vont pas de paire. Une mesure reproductible n'est pas obligatoirement associée à un outil fiable. Un thermomètre peut indiquer à plusieurs reprises, de façon reproductible une température de 25° mais si la température réelle est de 20 °, il n'est pas fidèle. Le meilleur moyen d'évaluer la fidélité de la mesure est de posséder un «étalon d'or» afin de comparer la mesure. Les mesures radiographiques restent le meilleur choix mais en kinésithérapie cela reste difficile [5].

### 3.2.4. Rapidité

Comparativement à la prise de mesure avec le goniomètre, la mesure d'amplitude articulaire avec l'inclinomètre est plus lente. Ceci s'explique par le temps supplémentaire que demande la recherche du repère nécessaire à la mise à zéro de l'appareil. En dehors de ce point la mesure inclinométrique semble plus rapide [2], [3], [4].

### 3.2.5. Facilité d'utilisation

De part ces caractéristiques, l'inclinomètre est d'utilisation plus facile que le simple goniomètre. En effet il ne nécessite pas de repérage articulaire des trois repères anatomiques comme pour le goniomètre, il s'utilise d'une seule main et permet une lecture directe.

Précision, disponibilité, coût, taille, sont les autres qualités que l'on associe à un instrument de mesure.

## 3.3. Le complexe articulaire du poignet.

Le poignet, articulation distale du membre supérieur, permet à la main de se présenter dans la position optimum pour la préhension. Zone étranglée entre l'avant-bras et la main, il a pour vocation la stabilité et la mobilité. Le complexe articulaire du poignet regroupe fonctionnellement trois niveaux articulaires: l'articulation radio-ulnaire inférieure, l'articulation radio-carpienne et l'articulation médio-carpienne. En réalité il comporte deux

articulations (l'articulation radio-carpienne et l'articulation médio-carpienne), incluses dans le même ensemble fonctionnel avec la radio-carpienne inférieure [6], [7], [9].

### 3.3.1. L'articulation radio-ulnaire inférieure

L'articulation radio-ulnaire inférieure fonctionnellement liée à la radio-carpienne supérieure est de type trochoïde.

### 3.3.2. L'articulation radio-carpienne

L'articulation radio-carpienne, de type condylienne met en présence la glène antébrachiale avec le condyle carpien. Ce dernier est formé par la juxtaposition de la face supérieure des trois os de la première rangée du carpe, le piriforme ne participant pas à la constitution du condyle carpien. De dehors en dedans on trouve : le scaphoïde, le lunatum et le triquétrum. La surface du condyle carpien présente deux courbures convexes. Une antéro-postérieure ou sagittale avec un axe transversal permettant les mouvements de flexion-extension. L'autre courbure transversale, associe un axe antéro-postérieur et correspond aux mouvements d'abduction-adduction. La surface concave de la glène antébrachiale est quant à elle composée de l'extrémité inférieure du radius et du disque articulaire, encore appelé ligament triangulaire. La surface de l'extrémité inférieure du radius est divisée en deux champs inégaux par une crête mousse, l'interne est revêtu de cartilage et est en continuité avec le ligament triangulaire [6].

### 3.3.3. L'articulation médio-carpienne

L'articulation médio-carpienne oppose la première rangée du carpe à la deuxième rangée. L'interligne médio-carpienne se compose de deux parties, une interne et une externe. La première est formée par les facettes planes du trapèze et trapézoïde sur la base du scaphoïde. Il s'agit d'une articulation de type arthrodie. La deuxième est formée par le capitatum et l'hamalum tout deux convexes en tous sens. Ils viennent s'encaster dans la surface concave des trois os de la rangée supérieure. Il s'agit ici d'une articulation de type condylienne [6].

### 3.4. Les moyens de stabilité passive

#### 3.4.1. L'articulation radio-ulnaire inférieure

Ces moyens sont représentés par les éléments capsulo-ligamentaires et osseux. Au niveau osseux il n'y a aucune stabilité passive. Ceci s'explique par la non congruence et la non concordance des surfaces articulaires. Chacune des trois articulations présente sa propre capsule articulaire.

Au niveau ligamentaire l'articulation radio-ulnaire inférieure met en jeu deux ligaments : un antérieur et un postérieur. Cependant le ligament d'union majeur et puissant de cette articulation est le disque articulaire qui joue un double rôle ; celui de surface articulaire et de moyen d'union entre les deux os de l'avant bras [6], [7].

#### 3.4.2. L'articulation radio-carpienne

Tout comme l'articulation précédente les éléments osseux n'apportent aucune stabilité passive à cette articulation hormis le contact préférentiel entre le radius et le carpe. En effet la position fonctionnelle du poignet le place en légère inclinaison ulnaire, ce qui améliore au niveau des surfaces articulaires le contact entre le carpe et la glène articulaire. Deux systèmes principaux de ligaments stabilisent cette articulation : les ligaments collatéraux interne et externe, et les ligaments antérieur et postérieur. Le premier rôle des ligaments du poignet est de stabiliser le carpe dans le plan frontal et sagittal. A noter que dans les mouvements de flexion-extension ce sont les ligaments antérieur et postérieur qui travaillent. Le mouvement de flexion entraîne une mise en tension du ligament postérieur et celui d'extension une mise en tension du ligament antérieur.

#### 3.4.3. L'articulation médio-carpienne

Le système ligamentaire de cette articulation est essentiellement antérieur. Hormis les ligaments antérieurs d'os à os, on retrouve le ligament radié du carpe, les fibres scapho-triquétrales antérieures et postérieures qui suppléaient à l'absence de liaison ligamentaire

entre lunatum et capitatum. Au niveau osseux l'organisation architecturale à emboîtement osseux est favorable à une bonne stabilité.

### 3.5. Dynamique de la flexion-extension

Le complexe articulaire du poignet, articulation clé de la main possède deux degrés de liberté ; la flexion-extension et l'abduction-adduction. À ces deux mouvements s'ajoute un troisième degré, la prono-supination de l'avant-bras, rotation de celui-ci sur son axe longitudinal. De cette façon la main peut être orientée sous n'importe quel angle pour saisir un objet. Les mouvements du poignet s'effectuent autour de deux axes avec la main en position anatomique de référence, soit en supination complète. Le mouvement de flexion-extension qui est notre propos ici, s'effectue dans un plan sagittal autour d'un axe transversal compris dans un plan frontal. Lors de la flexion, la face palmaire ou antérieure de la main se rapproche de la face antérieure de l'avant-bras. Le mouvement d'extension amène la face postérieure ou dorsale de la main au niveau de la face postérieure de l'avant-bras.

Lors du mouvement de flexion-extension du poignet on observe un partage des tâches entre l'articulation radio-carpienne et médio-carpienne. Lors de la flexion c'est la radio-carpienne qui développe la plus grande amplitude : 50° contre 35° pour la médio-carpienne. Lors de l'extension c'est l'effet inverse, la médio-carpienne s'étend de 50° contre 35° pour la radio-carpienne. Considérer le poignet comme étant une articulation à deux degrés de liberté semble être une erreur. C'est méconnaître son rôle dans la transmission à la main du couple de rotation développé dans l'avant bras. Dans cette transmission, les ligaments qui unissent les deux os de l'avant bras au carpe et ceux qui unissent les os du carpe entre eux jouent un rôle essentiel. Selon les auteurs les normes des amplitudes articulaires du poignet varient en fonction de l'âge, des repères pris pour les mesures, de la position du sujet [6], [7].

(Annexe I).

## 4. MATÉRIEL ET MÉTHODE

### 4.1. Population

#### 4.1.1. Critères d'inclusions

Les mesures nécessaires à cette étude sont réalisées sur les étudiants de l'Institut Lorrain de Formation en Masso-Kinésithérapie (ILFMK), toutes promotions confondues afin d'obtenir le plus grand nombre de sujets possible. Nous prenons les amplitudes articulaires en passif des sujets sur leurs poignets droit et gauche.

#### 4.1.2. Critères d'exclusions

Nous excluons de cette étude les sujets ayant subi toute intervention chirurgicale pour fracture ou entorse grave du poignet datant de moins de deux ans. L'articulation du poignet étant composée de deux articulations ; à savoir l'articulation radio-carpienne et l'articulation radio-ulnaire inférieure, nous n'intégrons pas les sujets ayant subi toute atteinte traumatique opérée du coude datant de moins de deux ans. L'amplitude de prono-supination étant utilisée dans ces mesures est réalisée en partie par cette articulation. De plus l'installation nécessite une flexion du coude de 90 °. En outre toutes les personnes présentant une pathologie rhumatologique pédiatrique ou neurologique sont exclues de cette étude quelle que soit la durée de celle-ci [7].

#### 4.1.3. Critères de non inclusion

Les sujets pour lesquels le test entraîne l'apparition d'une douleur font partie de la population dite non inclusive.

### 4.2. Matériel expérimental

#### 4.2.1. Goniomètres à deux branches

Le goniomètre Balthazard (B) : Il est composé d'une branche mobile et d'une branche fixe, nécessitant donc d'être tenu à deux mains et d'une partie centrale semi-circulaire permettant la lecture de l'amplitude. Il est gradué en degrés. A noter que la branche mobile n'est mobilisable que vers le bas [8], [12].

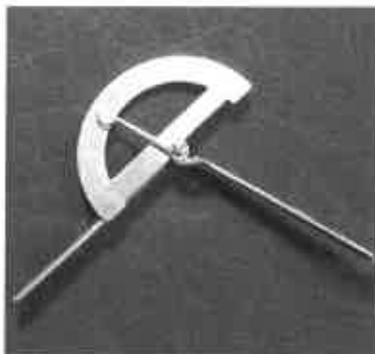


Figure 1 : Goniomètre Balthazard

Le goniomètre plastique type Cochin (C) : c'est un goniomètre en plastique à deux branches larges et courtes. Le prolongement des deux branches se termine en demi-cercle, sur lequel se lit l'amplitude. Les deux branches sont mobiles. Gradué en tous les degrés, il nécessite d'être tenu à deux mains [8], [12].



Figure 2 : Goniomètre Cochin

#### 4.2.2. Goniomètres à index soumis à la pesanteur :

Le goniomètre de Labrique (L) : gradué tous les degrés il nécessite d'être tenu à deux mains [12].

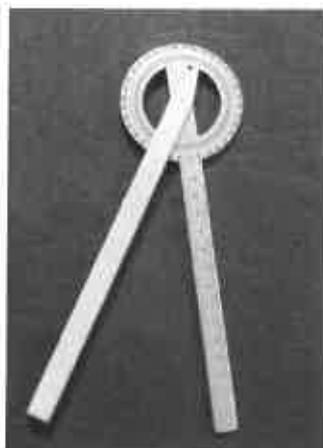


Figure 3 : Goniomètre de Labrique

L'inclinomètre de Rippstein (R) : la lecture de la mesure se fait tous les deux degrés. La mise à 0 se fait dans n'importe quelle position permettant ainsi une lecture directe de l'amplitude.



Figure 4 : Inclinomètre Rippstein

#### 4.2.3. Autres accessoires

- Table de kiné réglable en hauteur sur laquelle on pose la structure en bois dans laquelle se trouve le bras du sujet.

- Planches de bois types frisettes pour la fabrication de la structure. Elle permet de stabiliser et fixer le membre supérieur pour permettre une reproduction des mesures la plus identique possible entre tous les sujets testés.
- Morceaux de frisettes coulissant dans l'enceinte de la boîte, qui permet de bloquer le coude du sujet à 90°, afin de placer le poignet et la main dans le vide.
- Crochets en fer fixés sur le côté de la boîte.
- Une sangle enserre l'avant bras du sujet. Elle est reliée à un élastique tendu, que nous venons fixer sur un crochet en fer, lui-même attaché sur un côté de la boîte.
- Tendeurs qui fixent la boîte à la table (pour éviter qu'elle bouge) par l'intermédiaire d'un crochet à l'arrière de la boîte et de deux sur le côté.
- Tabouret réglable en hauteur pour le thérapeute, afin d'être dans la position la plus adéquate en fonction de la taille et de la corpulence du sujet.
- Poids de 1kg et 3kg pour caler et bloquer le coude. Ils sont placés en arrière du morceau de bois vertical qui maintient le coude.
- Feuille du questionnaire pour noter les valeurs.
- Stylo
- Logiciel Microsoft Excel 2007 pour les statistiques.

### 4.3. Méthode de Protocole

Les étudiants sont évalués durant la période octobre-novembre, dans une salle de l'ILFMK où nous installons notre matériel.

#### 4.3.1. Questionnaire

Le sujet commence par remplir un questionnaire identique pour tous les étudiants (Annexe II). Il interroge le sujet sur ses sports éventuels pratiqués, sur ses antécédents orthopédiques, chirurgicaux et sur les éventuelles douleurs actuelles, passées ou récidivantes du poignet et du coude. Les mesures sont prises uniquement en passif. Les mesures actives selon la force du sujet, son sport, sa main dominante peuvent fausser les résultats. C'est pourquoi seules les mesures passives seront évaluées et prises en compte.

#### 4.3.2. Installation du sujet.

Les sujets sont installés de la même façon et par le même individu pour permettre une parfaite reproductibilité des mesures. Le poignet et l'avant bras sont dévêtus pour permettre le repérage articulaire et une liberté totale de mouvement. Le sujet est assis sur une chaise avec dossier, et est situé parallèlement au bord de la table de massage (extrémité opposée à celle du dossier de la table).



Figure 5 : Installation du sujet de face

L'examineur positionne l'ensemble du membre supérieur dans le socle en bois. Il règle la table afin que l'articulation gléno-humérale soit située dans le plan de la scapula du sujet et en position de relâchement total. Elle n'est ni surélevée, ni abaissée. Nous veillons à ce que le membre supérieur soit bien intégré dans le plan sagittal pour respecter le plan de flexion-extension du poignet. L'angle entre avant-bras et bras est de  $90^\circ$  pour toutes les mesures effectuées. L'articulation du poignet est libre et placée en dehors de la table ; le socle en bois s'arrêtant au bord de la table. Les doigts sont relâchés. Le coude du sujet est sanglé et attaché sur le côté du système en bois par un élastique.

Durant la prise de mesure de flexion-extension du poignet, le coude du sujet est placé en pronation. On obtient ainsi une horizontalisation de la ligne bistyloïdienne ce qui aligne les plans de mouvement avec le plan antébrachial [6]. De plus c'est dans cette position que l'amplitude de flexion passive est maximale, supérieure à  $90^\circ$  (jusqu'à  $100^\circ$ ). Quant à

l'amplitude d'extension passive elle est supérieure à 90° aussi bien en pronation qu'en supination [6]. Cependant pour la mesure d'extension du poignet avec le Balthazard, nous placerons le coude du sujet en position de prono-supination intermédiaire, la branche mobile ne bougeant que vers le bas. Il aurait été possible de laisser le coude en position de pronation et de placer le goniomètre de Balthazard sur la face palmaire donc à l'envers (le demi-cercle regardant vers le bas). Ainsi le problème de la branche mobile aurait été résolu. La difficulté de lecture de la mesure pour l'évaluateur dans cette position est trop majorée et augmente le risque d'erreur de lecture.

#### 4.3.3. Installation de l'évaluateur

Pour le repérage anatomique, l'évaluateur et le sujet sont en face à face, chacun d'un côté de la table de massage.

Pour la prise des mesures, l'évaluateur se place sur le côté du sujet, assis sur un tabouret réglable en fonction de l'anthropométrie de celui-ci.

Lorsqu'il mobilise passivement le poignet du sujet, l'évaluateur ne doit en aucun cas agir aux niveaux des doigts, pour ne pas fausser la prise des amplitudes au niveau du poignet.

#### 4.3.4. Mesures

Nous prenons les sujets les matins au cours de leurs heures de travaux pratiques. Nous considérons ainsi qu'ils ont effectué des efforts nécessaires à l'échauffement du système capsulo-ligamentaire du poignet. Nous ne réalisons donc pas d'échauffement préalable aux mesures.

Nous effectuons une première fois la mesure de flexion-extension sur le poignet gauche et droit (que nous notons J1), puis nous réitérons la manœuvre le lendemain afin d'éviter le biais de lecture et l'influence des premières mesures prises (que nous appelons J2). Pour que l'ordre des mesures ne soit pas toujours le même nous établissons une règle. Nous utilisons un « dé » que nous faisons lancer au sujet. Lorsque le dé indique un **numéro pair** nous

commençons par le **poignet droit** et avec l'ordre des goniomètres suivants : **R/B/L/C**. Lorsque le lancé du dé donne un **numéro impair** nous commençons par le **poignet gauche** avec l'ordre de mesure suivant : **C/L/B/R** (ordre inverse établi pour un nombre pair). Nous inversons le lendemain pour la seconde prise de mesure. Si le poignet droit a été mesuré en premier avec l'ordre R/B/L/C, alors on commencera par le gauche avec l'ordre C/L/B/R et inversement.

- **Ordre donné au sujet**

Nous demandons au sujet d'avoir les fesses et le dos bien calés contre le dossier. Nous lui demandons de se relâcher totalement et de se laisser mobiliser pour permettre d'obtenir une amplitude passive maximale.

- **Mesure inclinométrique (Annexe VI)**

L'inclinomètre nécessite une mise à zéro avant de prendre les mesures de flexion-extension du poignet. Pour définir cette mise à zéro, le patient est en position assise, le membre supérieur installé comme décrit précédemment dans le système en bois. L'évaluateur place le socle de l'inclinomètre sur la face dorsale de la main, au niveau du troisième métacarpien, et on réalise la mise à 0. Elle est obtenue lorsque la main et l'avant bras sont alignés. On tourne alors le cadran pour que l'aiguille indique le degré 0 à l'horizontale. [2], [3], [4], [12].

Nous plaçons ensuite le Rippstein sur le troisième métacarpien en essayant de le plaquer le plus possible contre la peau du sujet. Le socle du Rippstein est en projection de l'axe passant entre les deux os de l'avant bras. Nous aurons préalablement pris notre repère anatomique qui est le troisième métacarpien. Nous tenons l'inclinomètre d'une main, et de l'autre nous mobilisons passivement vers la flexion puis vers l'extension. La mesure est obtenue en lecture directe lorsque l'amplitude maximale est atteinte.

- **Mesure goniométrique (Annexe VI)**

La mesure goniométrique nécessite au préalable un repérage articulaire et ceci quel que soit le goniomètre. Ce repérage se réalise sans crayon dermographique mais de façon manuelle. Le déplacement de la peau et du centre articulaire au cours du mouvement a tendance à provoquer une non concordance entre le repère osseux et le repère dermographique. Il se fait avant la prise des mesures. Nous installons le sujet en face de nous, et nous faisons reposer son avant bras, sa main et son poignet à plat sur la table.

Pour la prise de mesure avec le goniomètre Cochin et Labrique, nous repérons le centre articulaire, qui est défini sur la face latérale du poignet au niveau de triquetrum. Un repérage palpatoire est nécessaire. La branche proximale du goniomètre sera placée en regard de la diaphyse, avec comme projection osseuse l'olécrâne et la styloïde ulnaire. La branche distale suivra le corps du 5<sup>ème</sup> métacarpien. Nous installons ensuite comme expliqué précédemment le sujet et effectuons nos mesures en flexion puis en extension [11], [13].



Figure 6 :

#### Mesure de la flexion-extension du poignet droit avec goniomètre type Cochin

Pour la prise de mesure avec le goniomètre de type Balthazard, un repérage articulaire est également nécessaire. Le centre articulaire se situe au niveau du Capitatum ; os central de la deuxième rangée du carpe. La branche proximale en projection de l'axe passant entre les deux os de l'avant bras et la branche distale dans le prolongement du troisième

métacarpien. Pour l'extension les repères sont les mêmes (face palmaire), mis à part que l'avant bras est placé en prono-supination intermédiaire.

La main proximale de l'évaluateur tient la branche fixe et l'avant bras pour éviter tout mouvement de celui-ci. La main distale saisit la branche distale du goniomètre et mobilise le poignet en flexion ou extension.

## 5. ANALYSE STATISTIQUE DES RÉSULTATS

### 5.1 Généralités et caractères anthropométriques

L'échantillon est composé de 26 sujets. Il est constitué de 53.8% de femmes et de 46.2% d'hommes. Tous les participants étudient à l'IFLMK de Nancy et sont âgés de 19 à 28 ans.

L'âge moyen est de 21 avec un écart type de 1.86.

La taille moyenne est de 1.7 m avec un écart type de 0.08. (Une taille moyenne de 1.6 m pour les femmes et de 1.8 m pour les hommes).

Le poids moyen est de 67.1 kg avec un écart type de 9.81. (Un poids moyen de 60.7 kg pour les femmes et de 74.6 kg pour les hommes)

L'IMC moyen est de 23.2 avec un écart type de 2.2.

### 5.2 Méthode statistique

L'objectif de ces statistiques est de comparer pour chacun des quatre outils la mesure J1 à la mesure J2 pour la flexion et l'extension du poignet. Ceci afin de savoir si un même évaluateur peut obtenir avec l'un des quatre appareils une variabilité la plus petite soit-elle, soit la meilleure reproductibilité possible entre nos deux mesures.

Afin de réaliser l'étude statistique, nous avons dans un premier temps testé la normalité des distributions des valeurs angulaires de flexion-extension avec chacun des quatre goniomètres pour l'ensemble des sujets. Les tests de Skewness et de Kurtosis nous ont permis de confirmer qu'ils suivent une loi normale. Dans un deuxième temps, nous avons comparé nos premières mesures J1 en flexion à nos mesures J2 pour l'inclinomètre Rippstein, ainsi que

pour les goniomètres Balthazard, Cochin et Labrique. Dans un troisième temps, nous avons fait de même pour l'extension. Pour cela nous utilisons une analyse de la variance (ANOVA) à mesures répétées à deux facteurs : facteur « *outil* » et facteur « *mesure* ».

Un résultat est dit statistiquement **significatif** lorsqu'il n'y a pas plus de 5 chances sur 100 (5 %) que ce même résultat ait été produit par les fluctuations du hasard. D'après les résultats qui suivent, comme  $p < 0,05$  pour le facteur « *outil* », nous avons pu réaliser des comparaisons post-hoc à l'aide du **test HSD de Tukey** pour le facteur « *outil* ». Il compare deux à deux les facteurs et donne une valeur de  $p$ . Si  $p > 0,05$  nous **conservons l'hypothèse nulle (H<sub>0</sub>)**, c'est-à-dire qu'il n'existe pas de différence statistiquement significative entre les deux échantillons. En revanche si  $p < 0,05$ , nous **rejetons l'hypothèse nulle et conservons l'hypothèse H<sub>1</sub>** (existence d'une différence significative entre les deux échantillons).

L'analyse de l'ANOVA à deux facteurs a montré un effet principal du facteur type « *outil* » sur la mesure de la flexion-extension du poignet droit et gauche. (Valeur de «  $p$  » tenant compte de l'ensemble des quatre appareils). Il est de :

- $p = 2,7887E-16$  pour la flexion du poignet droit
- $p = 1,8553E-08$  pour l'extension du poignet droit
- $p = 2,776E-15$  pour la flexion du poignet gauche
- $p = 2,776E-15$  pour l'extension du poignet gauche

Il n'y a pas d'effet principal du facteur « *mesure* ». C'est-à-dire qu'en tant qu'évaluateur on n'obtient pas de différence significative entre la prise de mesure à J1 et la prise de mesure à J2 pour la flexion et l'extension du poignet gauche et droit. Cela signifie qu'on est sensiblement reproductible en tant qu'évaluateur unique pour ces mesures-ci. Par l'analyse de l'ANOVA à deux facteurs on obtient un  $p > 0,05$  pour la flexion et extension du poignet droit et gauche (Valeur de «  $p$  » tenant compte de l'ensemble des quatre appareils).

Il est de :

- $p = 0,28172871$  pour la flexion du poignet droit
- $p = 0,83670866$  pour l'extension du poignet droit
- $p = 0,14843318$  pour la flexion du poignet gauche
- $p = 0,14843318$  pour l'extension du poignet gauche

### 5.3. Résultats des tests statistiques

#### 5.3.1. Pour la flexion du poignet :

- *Concernant les mesures :*

La comparaison des moyennes entre la mesure à J1 et la mesure à J2 pour la mesure de flexion ne montre aucune différence significative que se soit pour le poignet gauche (Annexe IV) ou droit. C'est-à-dire que la valeur  $p$  pour le test de comparaison de différence entre les deux sections de moyenne est supérieure à 0,05. **Il n'y a donc pas d'effet principal du facteur « mesure » sur la flexion du poignet droit et gauche.**

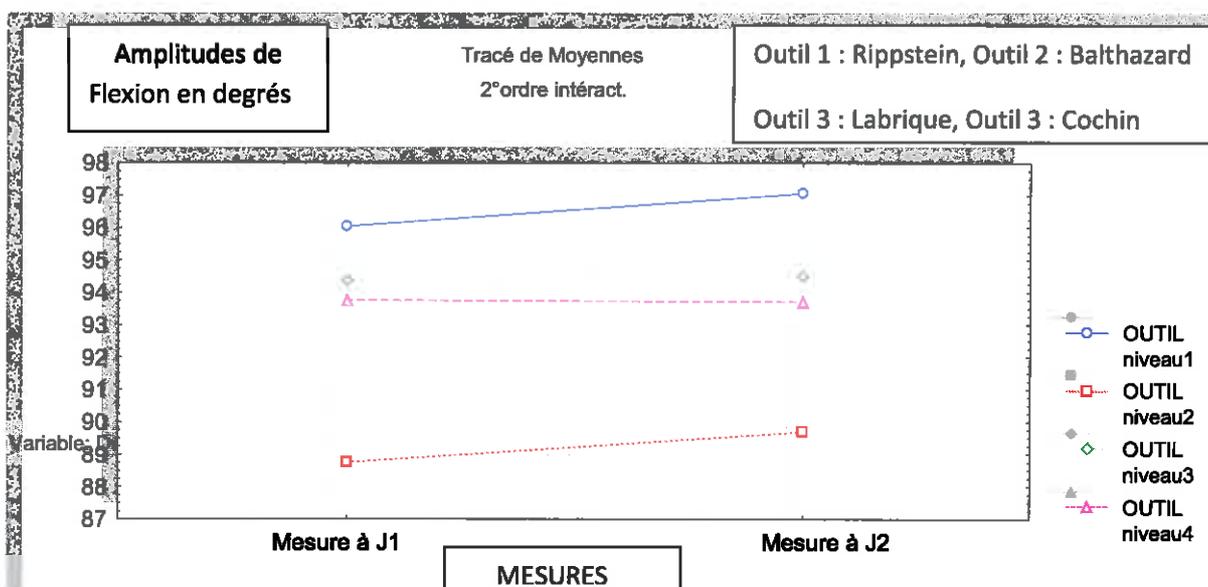


Figure 7 : Comparaison des moyennes des valeurs angulaires de la flexion du poignet droit entre la mesure J1 et la mesure J2 pour les quatre outils.

- *Concernant les outils :*

Les résultats post-hoc du test de Tukey pour la flexion du poignet droit :

Ils montrent une **différence significative** pour les trois outils Balthazard ( $p = 1,1204E-15$ ), Labrique ( $p = 0,02144457$ ), Cochin ( $p = 0,00101126$ ) en comparaison à la valeur obtenue

pour l'inclinomètre Rippstein puisque  $p < 0,05$ . Plus on se rapproche vers un  $p > 0,05$  plus on conserve l'hypothèse nulle ( $H_0$ ) à savoir l'absence de différence significative entre nos deux valeurs. On constate d'après le tableau I que le goniomètre Cochin se rapproche le plus du Rippstein. Cela signifie que leurs valeurs diffèrent significativement mais leur caractère dit reproductible est plus proche que celui du Rippstein avec les deux autres goniomètres. Le goniomètre Balthazard et Labrique ont eux un « p » plus petit et montrent donc une différence plus significative avec l'inclinomètre Rippstein. Ce dernier semble donner une meilleure reproductibilité que ces deux appareils.

Tableau I : Comparaison Post Scheffé pour la flexion du poignet droit (comparaison de l'outil Rippstein avec les trois autres outils).

Test Scheffé.				
Probabilité des Tests Post Hoc				
EFFET				
PRINCIPALOUTIL				
	{1} = R	{2} = B	{3} = L	{4} = C
	96,57692	89,23077	94,44231	93,75000
1 R = {1}		1,1204E-15	0,002144457	0,0101126
2 B = {2}	1,1204E-15		9,1377E-10	7,0973E-08
3 L = {3}	0,02144457	9,1377E-10		0,78208405
4 C = {4}	0,00101126	7,0973E-08	0,78208405	

Les résultats post-hoc pour la flexion du poignet gauche : on constate également une différence significative pour les trois outils B, L, C, en comparaison à la valeur trouvée pour l'inclinomètre Rippstein. L'analyse est identique à celle pour la flexion du poignet droit. (Tableau II).

Tableau II : Comparaison Post Scheffé pour la flexion du poignet gauche (comparaison de l'outil Rippstein avec les trois autres goniomètres) :

Test Scheffé.				
Probabilités des Tests Post Hoc				
EFFET				
PRINCIPAL:OUTIL				
	{1}=R	{2}=B	{3}=L	{4}=C
Moyenne	98,65385	89,17308	94,26923	93,19231
1 R = {1}		3,7705E-15	8,4663E-07	8,062E-05
2 B = {2}	3,7705E-15		4,1213E-06	0,00036158
3 L = {3}	8,4663E-05	4,1213E-06		0,68629652
4 C = {4}	8,062E-07	0,00036158	0,68629652	

### 5.3.2. Pour l'extension du poignet :

- *Concernant les mesures :*

La comparaison des moyennes entre la mesure à J1 et la mesure à J2 pour la prise de mesure de l'extension ne montre aucune différence significative que se soit pour le poignet gauche (Annexe IV) ou droit. C'est-à-dire que la valeur p pour le test de comparaison de différence entre les deux sections de moyenne est supérieure à 0,05. **Il n'y a donc pas d'effet principal du facteur « mesure » sur la mesure d'extension du poignet droit et gauche.**

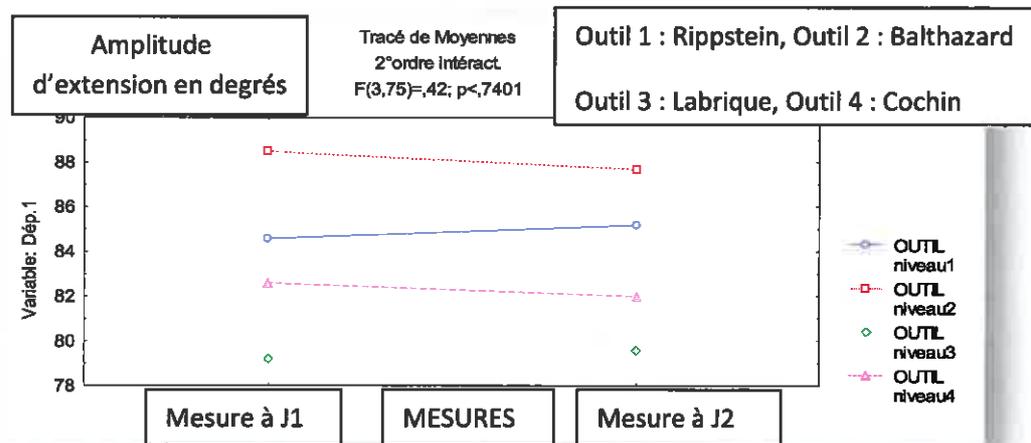


Figure 8 : Comparaison des moyennes des valeurs angulaires de l'extension du poignet droit entre la mesure J1 et la mesure J2 pour les quatre outils.

- *Concernant les outils :*

Les résultats post-hoc du test de Tukey pour l'extension du poignet droit : ils montrent une différence significative uniquement pour l'outil Labrique ( $p = 0,00083534$ ) en comparaison à l'inclinomètre Rippstein. Ce dernier semble donc apporter une meilleure reproductibilité que le goniomètre Labrique. Les valeurs obtenues pour les outils Balthazard et Cochin donnent un  $p > 0,05$ . Cela signifie qu'on ne peut pas prétendre à une meilleure reproductibilité de l'inclinomètre Rippstein par rapport aux goniomètres Balthazard et Cochin.

Les résultats post-hoc du test de Tukey aboutissent pour l'extension du poignet gauche aux mêmes conclusions que celles pour le poignet droit. On note **une différence significative** pour l'outil Labrique, en comparaison à l'inclinomètre Rippstein. (Annexe III)

## 6. DISCUSSION

### 6.1. Analyse des résultats

D'après l'analyse de nos résultats, on constate un effet principal du facteur « outil ». Comme  $p < 0,05$  cela signifie qu'il existe une différence significative entre les outils. En fonction de l'appareil choisi le rapport de moyenne entre la mesure à J1 et à J2 est différent. Par conséquent la variabilité entre nos deux mesures sera plus ou moins grande, ce qui aboutit à des reproductibilités différentes selon les goniomètres. Il est donc impossible d'intervertir les quatre instruments car s'il existe une différence de mesure, elle peut être due au changement d'instrument de mesure et non à l'écart d'amplitudes entre les mesures J1 et J2 [21].

Cependant pour l'extension de poignet, seul le goniomètre Labrique diffère significativement par rapport à l'inclinomètre Rippstein. Cela sous entend que pour les goniomètres Balthazard et Cochin, on ne peut pas affirmer qu'ils permettent une meilleure reproductibilité que l'inclinomètre.

De plus d'après les résultats, l'inclinomètre Rippstein et le goniomètre Balthazard donnent la meilleure reproductibilité pour la flexion du poignet. Pour l'extension du poignet il s'agit de l'inclinomètre Rippstein et du goniomètre Labrique.

## 6.2. Analyse de l'étude

Un certain nombre d'articles d'auteurs utilisés pour ce mémoire sont datés de plus de cinq ans. Il est pourtant recommandé par l'HAS de se baser sur des articles publiés il y a moins de cinq ans. Nous avons clairement constaté qu'il est difficile de respecter ce critère. La goniométrie étant un sujet ancien, les études la concernant ne sont pas toujours très récentes.

## 6.3. Matériel et méthode

### 6.3.1 Population

Pour cette étude nous avons choisi de faire appel à une population saine. En effet nous avons réalisé nos mesures sur les étudiants de l'ILFMK, en respectant les critères d'exclusion et de non inclusion. De plus nous avons pris les amplitudes articulaires sur les deux poignets de chacun des sujets. Ce choix permet d'optimiser au maximum le nombre de sujets retenus, ce qui améliore la fiabilité des mesures. Cependant dans l'idéal il aurait été préférable d'avoir au moins 30 sujets. Le temps demandé par les mesures a rendu la chose peu réalisable.

Les études développées sur la reproductibilité du poignet évaluent pour la plupart la reproductibilité intra-testeur et inter-testeur de l'articulation du poignet [14], [15], [17], [18]. D'autre part, ces études n'utilisent qu'un type d'appareil, qui est un goniomètre standard en plastique. Ayant plusieurs outils disponibles pour l'évaluation articulaire du poignet nous avons décidé de tous les comparer.

Gogia dans son étude sur la validité et la reproductibilité des mesures goniométriques du genou [20], compare ses résultats obtenus à une mesure radiographique qu'il prend comme « gold standard ». Cela semble être le meilleur choix pour déterminer avec fiabilité une

amplitude articulaire. Transposer le principe pour l'étude du poignet pouvait être judicieux. Comparer les mesures avec nos quatre outils à des mesures radiographiques nous aurait permis d'avoir une source valide et fiable comme moyen de comparaison. Cependant la mise en place d'une telle procédure demande beaucoup de moyens techniques et un accès difficile à obtenir. Même si cette technique est numérisée et informatisée, elle reste sous le contrôle d'un individu, et n'est donc pas infallible.

### 6.3.2. Protocole

Pour des questions de précision et en vue d'obtenir la meilleure reproductibilité possible, nous avons décidé de fabriquer un système limitant tout mouvement parasite ou compensatoire pouvant fausser nos mesures. Dans les études effectuées, les auteurs n'évoquent pas d'installation particulière. Le sujet est toujours assis, position la plus adéquate et la plus fiable [11], [13] pour toutes les mesures d'amplitudes du poignet. Pour le reste le sujet se situe la plupart du temps de profil à une table, sur laquelle repose son avant-bras, laissant l'articulation du poignet libre en dehors de la table. Nous avons testé cette position mais les écarts de valeurs importants nous ont vite démontré que l'installation ne suffisait pas. Nous avons alors essayé de placer le sujet en face de nous, de l'autre côté de la table comme pour l'évaluation musculaire du poignet selon Daniels et Worthingham [23]. Un petit coussin triangulaire est mis sous l'avant-bras laissant le poignet dans le vide. Cependant le poignet butte contre la table car il n'est pas assez surélevé.

Il était difficile de tenir le goniomètre, de prendre la mesure et de gérer les compensations au niveau des articulations supérieures. C'est pourquoi nous avons pensé à un système qui nous permettrait de stabiliser le plus possible les articulations sus-jacentes au poignet et notamment le coude et l'épaule. En effet pour suivre une bonne procédure goniométrique il est important que l'articulation à mesurer soit placée au départ à 0°. Il est également primordial que la position du sujet permette une évaluation totale de l'amplitude et une stabilisation des segments proximaux [13]. Le système en bois nous a permis de stabiliser l'épaule. Nous signifions au sujet de poser le bras contre le rebord du système le plus proche de lui. Le coude au corps est à 90° de flexion, sanglé et attaché sur le côté. Dans les articles évoquant les installations pour les mesures articulaires du poignet, l'épaule est souvent placée

à 90° d'abduction [12], [13] même si Boone par exemple pour la déviation ulnaire du poignet place l'épaule à 0° d'abduction [14]. Cependant il est difficile d'obtenir cela avec notre système. On a donc diminué la valeur de l'abduction de la gléno-humérale. Les études réalisées sur la reproductibilité du poignet ne détaillent pas l'installation et évoquent encore moins les placements des segments sus jacents au poignet.

### 6.3.3. Mesures

Pour maximiser la précision des mesures nous avons pris des sujets « sains ». Les amplitudes mesurées sont donc maximales, et non affectées par un phénomène douloureux ou d'autre ordre. Par conséquent la position utilisée pour les mesures était la plus stable possible et non modifiée lors des différentes prises.

Nous avons au départ testé les amplitudes articulaires en passif et en actif. Mais les écarts dus aux variations de forces en fonction de leurs habitudes ou sports éventuels étaient trop conséquents pour espérer démontrer nos hypothèses. Nous n'avons donc finalement testé que les amplitudes passives.

Seule la reproductibilité intra-testeur est abordée dans notre étude. En effet, d'une part, la reproductibilité intra-testeur demandait une organisation complexe et plus longue. Elle nécessitait aussi la présence d'un autre testeur ; peu facile à obtenir. D'autre part de nombreuses études mettent en avant le meilleur caractère reproductible de la mesure intra-testeur par rapport à l'inter-testeur. C'est notamment le cas de Boone et de Low [14], [19], qui mettent en avant une source d'erreur moindre et une meilleure corrélation. De plus la reproductibilité intra-testeur est un point fort de l'inclinométrie [21].

La plupart des études sur la reproductibilité utilise le goniomètre plastique universel, qui correspond à notre goniomètre Cochin [15], [17], [22]. Nous avons démontré d'après nos résultats que les goniomètres ne sont pas interchangeables, cela signifie que si l'on commence un bilan articulaire avec l'un il faudra toujours utiliser le même. Cependant, pour la mesure de flexion le Rippstein semble plus reproductible que le Balthazard et le Labrique. Le Cochin montre une différence significative très légère. Pour l'extension il n'y a aucune différence.

Le repérage articulaire est effectué une fois le mouvement accompli, car le déplacement des surfaces articulaires du aux tensions tissulaires peut fausser la mesure dans le cas d'un repérage en position de départ. Pour le choix du repère pour l'inclinomètre nous avons choisi celui donné dans la littérature à savoir le troisième métacarpien [2], [3], [4], [12]. Pour les autres nous avons fait référence au 5<sup>ème</sup> métacarpien. Dans la littérature les points de vue divergent. Lastayo et Wheeler [15] ont étudié la reproductibilité intra-testeur et inter-testeur en évaluant l'influence de trois techniques : alignement ulnaire, dorso-palmaire, et radial. Ils concluent par une différence significative des trois techniques avec un ICC (coefficient de corrélation intra-classe) et une SEM (erreur standard de mesure) plus haute que ce soit pour des testeurs différents ou le même. Une étude similaire mais faite sur des cadavres aboutit à la même conclusion [22]. Horger lui montre une meilleure reproductibilité avec un alignement ulnaire [18]. Flowers dans sa discussion à la suite de l'étude de Lastayo affirme que le repère ulnaire est plus visualisable que le 3<sup>ème</sup> métacarpien et par conséquent moins source d'erreur. De plus tous nos sujets sont sains mais en cas d'œdèmes ou autre problème la prise du troisième métacarpien augmente la source d'erreur [22]. Nous avons donc choisi de nous baser sur les recommandations de Norkin et White, et de certains articles et d'utiliser le 5<sup>ème</sup> métacarpien comme repère [13], [17], [20].

#### 6.4. Source d'erreur et d'imprécision.

L'analyse des résultats ne montre pas les mêmes données pour la flexion et l'extension du poignet. De plus l'inclinomètre Rippstein donné par les recommandations comme outil le plus fiable et le plus reproductible pour l'articulation de l'épaule et le rachis, ne le semble pas systématiquement pour l'articulation du poignet. Le goniomètre plastique étant le moins coûteux et le moins sophistiqué, on aurait pu s'attendre à ce qu'il diffère très significativement de l'inclinomètre Rippstein. Pourtant lors de la flexion il s'en rapproche le plus. Pour l'extension il ne diffère pas du tout. Plusieurs éléments peuvent contribuer à ces différences :

- En passif il est difficile d'apprécier, la sensation de fin de course articulaire, ce qui peut amener à donner des imprécisions plus ou moins importantes. Le subjectif peut prendre le dessus.

- Le choix du repère anatomique. Le goniomètre type Cochin malgré son coût peu onéreux, est finalement l'outil utilisé pour toutes les études trouvées dans la bibliographie. Sa transparence permet de mieux visualiser les repères par rapport à un autre goniomètre. De plus d'après la littérature nous avons utilisé un alignement ulnaire pour la prise de mesure avec le goniomètre Labrique et Cochin. La littérature semble démontrer que le repère dorso-palmaire est le plus à même de donner la meilleure reproductibilité intra-testeur. Ce repère est également recommandé dans les articles détaillant l'utilisation du Rippstein, repère que nous avons choisi pour cet appareil. Cependant pour les autres goniomètres les avis divergent, nous avons suivi le choix donné par les livres de goniométrie, d'évaluation clinique, et de certaines études [11], [13], [17].
  
- Un manque d'horizontalité sur la peau du sujet pour l'inclinomètre peut entraîner des variations de 5° à 10° [12]. De plus la mise à zéro peut être source d'erreur.
  
- Une autre hypothèse pouvant expliquer les sources d'erreur est l'imprécision de la lecture ou de la réalisation des mesures goniométriques et inclinométriques. Et cela malgré le maximum de précautions prises.
  
- Les deux mesures ont été réalisées à un jour d'intervalle, cependant il se peut que nous ayons été influencés quand même par nos premières valeurs. LaStayo et Wheeler [15] ont utilisé un goniomètre plastique universel de 15,2 cm avec un côté aveugle pour l'évaluateur et un côté visible pour l'enregistreur des mesures à l'ordinateur. Il y a donc peu de risque d'influence entre la prise de mesure et le relevé de celle-ci. Cela nécessite une deuxième personne toujours présente pour les mesures ce qui demande une organisation compliquée. Nous avons pensé à faire lire la mesure au sujet lui-même mais les positions et les mouvements évalués ne le permettaient pas toujours.
  
- L'expérimentation et l'entraînement à l'évaluation d'amplitudes articulaires peuvent influencer les résultats. [17].

### 6.5. Difficultés rencontrées

Peu d'études comparant plusieurs types d'outils entre eux pour la reproductibilité intra-testeur du poignet existent. En plus nous avons peu de données récentes dans la littérature concernant ce sujet. Enfin, les nombreuses variantes concernant le choix des repères goniométriques sont source de complications.

## 7. CONCLUSION

Notre étude portant sur 26 sujets nous a permis de montrer qu'en tant qu'évaluateur intra-testeur, on est sensiblement reproductible entre nos deux prises de mesures à un jour d'intervalle. D'autre part nos quatre appareils ne sont globalement pas interchangeables car ils diffèrent tous significativement, mis à part le goniomètre Cochin et Balthazard lors des mesures d'extensions passives du poignet droit et gauche. Les résultats statistiques ont montré l'influence du facteur « *outil* » qu'il soit goniométrique ou inclinométrique sur la reproductibilité intra-testeur de l'articulation du poignet. Il ressort de cette étude que l'inclinomètre Ripstein permet d'obtenir une meilleure reproductibilité intra-testeur que les goniomètres de Labrique et de Balthazard sur la mesure de flexion-extension du poignet. Cependant le goniomètre universel plastique type Cochin qui est l'outil de choix pour la plupart des études semble aussi reproductible que le Plurimètre V64 pour les deux mouvements articulaires étudiés.

Au cours d'un bilan les mesures étant parfois faites par deux évaluateurs différents il serait intéressant et pertinent de poursuivre l'étude en évaluant la reproductibilité inter-testeur des ces quatre appareils et de la comparer à celle obtenue en intra-testeur. Interroger l'ensemble de la profession (libéral, salarié, spécialisé dans la main ou non) sur les goniomètres qu'ils utilisent, leur connaissance sur le propos, le déroulement de leur bilan, la fréquence de ceux-ci, permettrait de confronter nos résultats à la réalité sur le terrain.

## BIBLIOGRAPHIE

1. **ANAES.** – Recommandations pour la pratique Clinique : pathologies non opérées de la coiffe des rotateurs et masso-kinésithérapie. Avril 2001  
<http://www.has-sante.fr/portail/upload/docs/application/pdf/coif.rot.rap.pdf>.  
(Consulté le 11/03/2014)
2. **GOUILLY P.** – Inclinométrie du membre supérieur. Kinésithérapie, les cahiers, 2004, 35-36, p. 50 – 54
3. **RIPPSTEIN J.** – Le plurimètre-V64, un nouvel instrument de mensuration. Annales de Kinésithérapie. Paris : Éditions Masson. 1983, tome 10, n°1-2, p. 37-45
4. **POCHIOTTE E.** – Inclinomètre et standardisation des mesures d’amplitude articulaire. Kinésithérapie scientifique, 2005, n°45, p. 43
5. **VIEL E., TRUELLE P.** – La « boîte à outils » des instruments de mesure et d’évaluation. Paris : Éditions Masson. Annales de kinésithérapie, 2001, t. 28, n°8, p. 373 - 378
6. **KAPANDJI I. A.** – Anatomie fonctionnelle. Membre supérieur. 6<sup>ème</sup> édition. Paris : Maloine, 2008. 351 p. ISBN 978-2-224-02647-9
7. **DUFOUR M.** Anatomie de l’appareil locomoteur : membre supérieur. 2<sup>ème</sup> édition. Paris : Masson Elsevier, 2007, 2009. p.117-125. Tome 2. ISBN 978-2-294-71047-6
8. **ROYER A., CECONNELLO R.** – Bilans articulaires cliniques et goniométriques. Généralités. Kinésith Med Phys Réadapt, 2004, 7 p. 26-008-A-10
9. **DELPRAT J., EHRLER S., MEYER J-C.** – Poignet et main : bilan articulaire. EMC (Elsevier SAS, Paris). Kinésithérapie-Médecine physique-Réadaptation. 2005. 26-008-D-10
10. **VIEL E., DANOWSKI G., BLANC Y., CHANUSSOT JC.** - Bilan articulaires goniométriques et cliniques généralités. Encycl Méd Chir Kinésithérapie. 26-008-A10. Paris : Éditions techniques (Elsevier), 1990. 3<sup>ème</sup> édition. p. 12-14

- 11. CLELAND J., KOPPENHAVER S.** Examen clinique de l'appareil locomoteur : tests, évaluations, et niveaux de preuve. 2<sup>ème</sup> Édition. Paris : Édition Masson Elsevier. p. 474–475
- 12. DELBARRE GROSSEMY I.** Goniométrie : manuel d'évaluation des amplitudes articulaires des membres et du rachis. 1<sup>ère</sup> édition. Issy Les Moulineaux : Elsevier Masson, 2008. 123 p, p. 84 – 85
- 13. NORKIN C. C., WHITE D. J.** – Measurement of Joint Motion: A guide to Goniometry. 4<sup>th</sup> edition. Philadelphia: F A Davis Company, 2009. 450 p. chapter 1 (p. 3-15), chapter 2 (p. 19-27), chapter 3 (p. 39-47), chapter 6 (p. 115-141). ISBN 13 : 978-0-8036-2066-7.
- 14. BONNE D. C., AZEN S. P., LIN C. M.** – Reliability of goniometrics measurements. Phys Ther, 1978, vol 58 n°11, p. 1355-1360
- 15. LASTAYO P. C., WHEELER D. L.** - Reliability of passive wrist flexion and extension goniometric measurements: a multicenter study. Journal of the American Physical Therapy Association, February 1994, vol 74, number 2, p. 162-176
- 16. GAJDOSIK R. L., BOHANNON R. W.** – Clinical measurement of range of motion. Review of goniometry emphasizing reliability and validity. Physical Thérapy, Décembre 1987, vol 67, number 12, p. 1867-1872
- 17. SOLGAARD S., CARLSEN A., KRAMHOFT M., PETERSEN V. S.** – Reproducibility of goniometry of the wrist. Scand J Rehabil Med, 1986, vol 18, n°1, p. 5-7
- 18. HORGER M. M.** – The reliability of goniometric measurement of active and passive wrist motions. Am J Occup Ther. 1990, vol 44, number 4, p. 342-348
- 19. LOW JL.** – The reliability of joint measurements. Physiotherapy. 1976, vol 62, number 7, p. 227-229
- 20. GOGIA P. P., BRAATZ J. H., ROSE S. J.** – Reliability and validity of goniometric measurements at the knee. Physical Therapy, February 1987, vol 62, n°2, p. 192-195
- 21. CLAPIS P. A., DAVIS S. M, DAVIS R. O.** – Reliability of inclinometer and goniometric measurements of hip extension flexibility using the modified Thomas Test. Physiotherapy Theory and Practice, 2008, vol 24, n°2, p. 135-141

- 22. CARTER T. I., PANSY B., WOLFF A. L., HILLSTROM H. J., BACKUS S. I., LENHOFF M., WOLFE S. W. – Accuracy and reliability of the three different techniques for manual goniometry for wrist motion : A cadaveric study. JHS, October 2009, vol 34 A**
- 23. HISLOP H., MONTGOMERY J. Le bilan musculaire de Daniel & Worthingham. Chapitre 3 : testing des muscles du membre supérieur. Le bilan musculaire de Daniels et Worthingham. Paris : Elsevier Masson, 2007. p. 134-138.**

# **ANNEXES**

## SOMMAIRE DES ANNEXES

***Annexe I*** : Tableau récapitulatif des normes d'amplitudes articulaires de flexion-extension du poignet selon des auteurs

***Annexe II*** : Questionnaire donné préalablement au sujet pour l'étude

***Annexe III*** : Tableau Post-Scheffé pour l'extension du poignet droit et gauche

***Annexe IV*** : Graphique pour la flexion et l'extension du poignet gauche

***Annexe V*** : Tableau statistique des résultats

***Annexe VI*** : Prise des mesures en photo

**Annexe I : Tableau récapitulatif des normes d'amplitudes articulaires de flexion-extension du poignet selon les auteurs**

	Kapandji	Wynn Parry	American Academy of Orthopedic Surgeons (AAOS)	American Medical Association (AMA)	Boone and Azen
Flexion	85°	75° (52-93°)	80	60	74.8
Extension	85°	64° (42°-80°)	70	60	74.0

## **Annexe II : Questionnaire**

### **ÉTUDE COMPARATIVE DE LA MESURE GONIOMÉTRIQUE** **DE LA FLEXION EXTENSION DU POIGNET**

Dans le cadre de mon mémoire, j'effectue des mesures d'amplitude articulaire d'extension et de flexion de poignet. Pour cela j'utilise plusieurs types d'outils (3 goniomètres et 1 inclinomètre) dans le but d'évaluer et de répondre à un certain nombre de questions concernant la reproductibilité intra-testeur de l'articulation du poignet.

C'est pourquoi je vous demande de répondre à ce questionnaire avant la prise des mesures. Il vous interroge sur votre pratique sportive et/ou d'éventuels antécédents concernant vos membres supérieurs. Pour y répondre veuillez écrire ou entourer la réponse de votre choix. Vos réponses et vos mesures seront l'objet d'une analyse qui restera strictement confidentielle.

Je soussigné(e) Mlle/Mme/Mr..... accepte de participer à cette étude et prends acte des conditions de celle-ci.

**DATE ET SIGNATURE :**

- **RENSEIGNEMENTS GÉNÉRAUX**
  - Prénom :
  - Âge :
  - Sexe :
  - Poids :
  - Taille :
  - Main dominante :
  - Sport(s) éventuel(s) pratiqué(s) : .....
  - Depuis combien d'années :
  - À quelle fréquence (Nombre de fois par semaine et nombre d'heures) :
- **ATCD CHIRURGUCAUX** : Avez-vous déjà eu des interventions chirurgicales (fractures graves opérées, canal carpien, entorses graves opérées...) au niveau du poignet :
  - Si oui, le ou lesquelles :

- Côté du ou des traumatismes :
- Année du ou des traumatismes :
- Nombre(s) d'intervention(s) :
- Quel a été le traitement chirurgical (vis, plaque, clou...) :
- Le traitement du suivi post-op :
  - Immobilisation : OUI-NON si oui durée de celle-ci :
    - Plâtre : OUI-NON
    - Attelle : OUI-NON
  - Séance de kinésithérapie : OUI- NON
  
- ATCD ORTHOPÉDIQUES : Avez-vous eu :
  - une ou des entorse(s)bénigne(s) ou [déchirure(s) ligamentaire(s)] du poignet :
    - Si oui, de quel côté :
    - Il y a combien de temps ? :
    - Y'a-t-il eu des entorses à répétition (si oui, précisez le nombre de fois) :
  - autre(s) type(s) de pathologie(s) concernant le poignet (ostéoporose, fragilité osseuse...) : OUI -NON
  - Si oui lesquelles ?
  
- ÉVALUATION DE LA DOULEUR :
  - Horaire : matin journée nuit
  - Intensité 0 (aucune gêne) à 10 (gêne intolérable) :
  - Fréquence :
  - Type : Est-ce que ce(s) douleur(s) vous interdisent ou limitent certaines activités de votre vie quotidienne : .....

### **Annexe III : Tableau Post Scheffé**

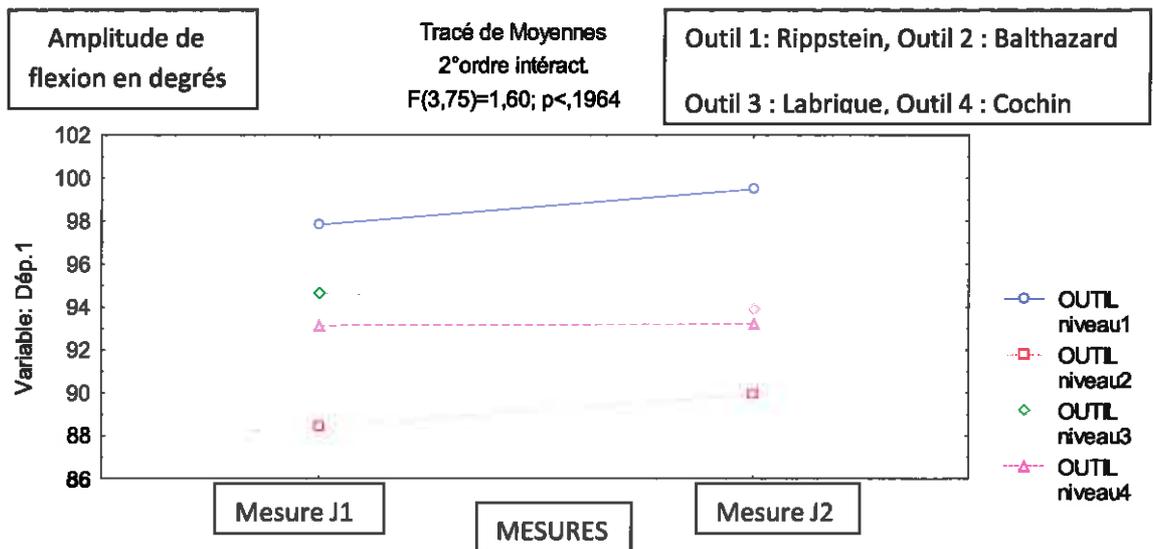
- Comparaison Post Scheffé pour l'extension du poignet droit (comparaison de l'outil Rippstein avec les trois autres outils) :

Test Scheffé				
Probabilité des Tests Post Hoc				
EFFET				
PRINCIPAL OUTIL				
	{1} = R	{2} = B	{3} = L	{4} = C
	84,86539	88,07692	79,36539	82,28846
1 R = {1}		0,10694798	0,00083534	0,26340595
2 B = {2}	0,10694798		6,2691E-08	0,00039286
3 L = {3}	0,00083534	6,2691E-08		0,16560684
4 C = {4}	0,26340595	0,00039286	0,16560684	

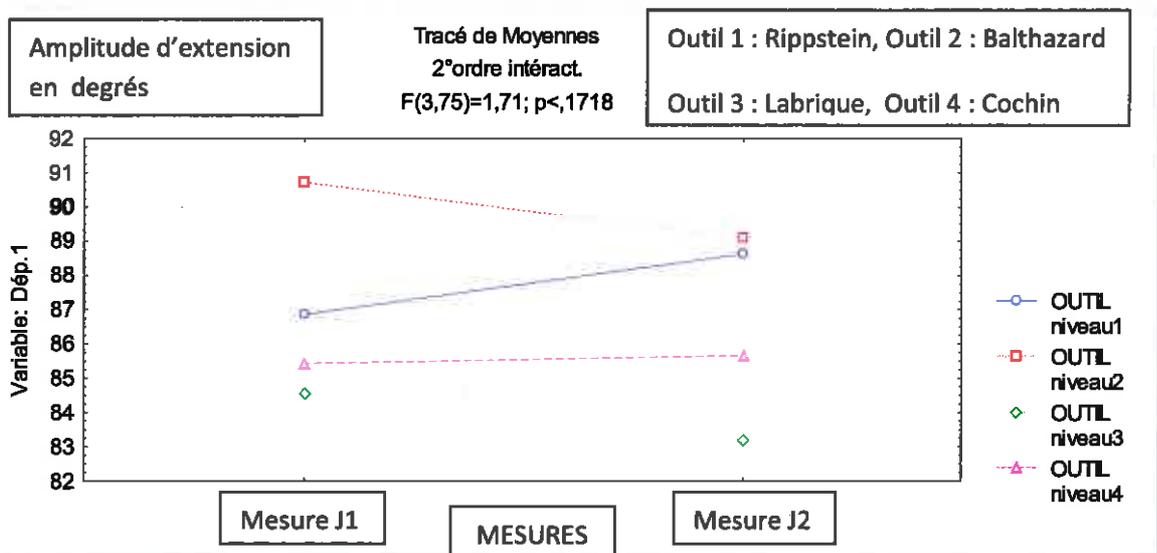
- Comparaison Post Scheffé pour l'extension du poignet gauche (comparaison de l'outil Rippstein avec les trois autres appareils) :

Test Scheffé.				
Probabilité des Tests Post Hoc				
EFFET				
PRINCIPAL OUTIL				
	{1} = R	{2} = B	{3} = L	{4} = C
	87,73077	89,88461	83,86539	85,53846
1 R = {1}		0,14121899	0,00146102	0,17929987
2 B = {2}	0,16121899		3,01E-07	0,00026456
3 L = {3}	0,00146102	3,01E-07		0,36927184
4 C = {4}	0,14929987	0,00026456	0,36927184	

### Annexe IV : Graphiques pour la flexion-extension du poignet gauche



Comparaison des moyennes des valeurs angulaires de la flexion du poignet gauche entre la mesure J1 et la mesure J2 pour les quatre outils.



Comparaison des moyennes des valeurs angulaires de l'extension du poignet gauche entre la mesure J1 et la mesure J2 pour les quatre outils.

### **Annexe V : Tableau des mesures statistiques**

VARIABLE	CODAGE	
<i>Sujet</i>	Poignet du sujet	
<i>Sexe</i>	0 : Femme	1 : Homme
<i>Âge</i>	Âge	Années
<i>Activité physique régulière</i>	0 : Oui	1 : Non
<i>Poids</i>	Kg	Kilogramme
<i>Latéralité</i>	0 : Droit	1 : Gauche
<i>ATCD chirurgicaux</i>	0 : Oui	1 : Non
<i>ATCD orthopédiques</i>	0 : Oui	1 : Non
<i>Taille</i>	M	Mètre

Pour le tableau des mesures il y a deux lignes par sujet (la première pour le poignet droit, la deuxième pour le poignet gauche de chacun).

Pour le tableau ci-dessous une ligne correspond à un sujet uniquement.

Sexe	Âge	Poids	Taille	IMC
0	22	56	1,65	20,5693297
0	21	57	1,58	22,8328793
0	19	55	1,53	23,4952369
0	22	79	1,69	27,6600959
0	23	57	1,69	19,9572844
1	19	81	1,85	23,6669102
1	22	70	1,69	24,5089458
1	21	75	1,76	24,2122934
1	19	75	1,85	21,9138057
1	19	74	1,82	22,3402971

0	20	57	1,61	21,9898924
0	19	80	1,7	27,6816609
0	22	59	1,64	21,9363474
0	21	52	1,62	19,8140527
1	28	76	1,75	24,8163265
1	20	82	1,77	26,1738326
1	21	76	1,69	26,6097125
1	22	70	1,75	22,8571429
1	20	71	1,8	21,9135802
0	21	60	1,69	21,0076678
0	21	58	1,65	21,3039486
0	20	60	1,67	21,5138585
0	22	60	1,6	23,4375
0	19	60	1,62	22,8623685
1	21	65	1,74	21,4691505
1	21	80	1,77	25,5354464

## Tableau des mesures :

### *Signification des abréviations :*

F° M1R = Flexion mesure 1 pour le Rippstein (R)      F° M2 R = Flexion mesure 2 pour le R  
F° M1 B = Flexion mesure 1 pour le Balthazard (B)      F° M2 B = Flexion mesure 2 pour le B  
F° M1 L = Flexion mesure 1 pour le Labrique (L)      F° M2 L = Flexion mesure 2 pour le L  
F° M1 C = Flexion mesure 1 pour le Cochin (C)      F° M2 C = Flexion mesure 2 pour le C

E° M2 R = Extension mesure 1e pour le R      E° M2 R = Extension mesure 2 pour le R  
E° M1 B = Extension mesure 1 pour le B      E° M2 B = Extension mesure 2 pour le B  
E° M2 L = Extension mesure 1 pour le L      E° M2 L = Extension mesure 2 pour le L  
E° M2 C = Extension mesure 1 pour le C      E° M2 C = Extension mesure 2 pour le C

### - Pour la flexion :

F° M1 R	F° M1 B	F° M1 L	F° M1 C	F° M2 R	F° M2 B	F° M2 L	F° M2 C
88	95	98	98	94	89	93	92
100	90	94	98	96	94	90	94
94	91	93	90	96	95	93	100
92	94	90	96	98	95	95	100
98	88	95	95	96	90	96	94
100	94	95	90	102	97	95	100
96	84	100	92	98	84	90	86
102	87	92	92	108	87	86	92
100	94	95	100	100	97	103	100
100	90	102	108	100	96	97	98
94	85	95	90	102	88	94	92
102	86	96	100	102	89	98	90
92	81	86	92	90	82	94	82

98	80	91	88	98	80	94	90
96	85	84	86	96	84	90	84
98	81	95	92	98	90	90	88
96	83	90	90	94	86	90	92
98	86	95	80	98	84	95	90
98	91	90	92	94	90	90	94
92	89	90	90	96	82	91	92
98	95	95	89	96	90	95	94
94	88	93	94	82	90	93	96
96	89	94	94	94	91	91	90
98	90	95	94	98	91	92	92
94	90	94	94	94	95	95	98
94	86	95	90	104	86	95	94
100	88	99	94	96	86	94	98
98	86	100	94	98	90	99	86
94	91	99	90	94	88	92	90
96	85	92	92	96	87	90	82
92	85	85	86	98	85	91	88
94	84	91	88	98	85	87	82
92	81	85	82	92	85	87	81
96	84	80	84	94	85	85	84
90	85	92	92	96	86	97	96
96	87	91	80	98	87	83	84
98	90	97	98	98	97	99	98
100	95	97	88	102	97	99	100
98	94	100	100	102	94	104	102
100	95	104	102	104	93	105	100
98	94	95	98	98	93	99	96
96	92	97	98	98	95	97	98
98	84	91	98	100	85	98	98
104	92	99	98	104	91	99	98
100	92	104	106	102	97	105	104
100	97	99	100	104	96	107	100
104	90	101	98	104	95	95	102
104	84	101	100	104	92	96	100
96	90	96	94	100	89	91	92
90	90	96	94	104	89	92	96
98	93	101	100	100	91	91	94
102	87	91	92	102	90	91	98

- Pour l'extension :

E° M1 R	E° M1 B	E° M1 L	E° M1 C	E° M2 R	E° M1 B	E° M2 L	E° M2 C
92	92	98	96	90	90	85	98
90	89	90	98	94	93	88	90
90	80	89	89	82	84	95	90
94	85	94	88	88	80	90	90
88	95	82	90	78	92	90	90
88	89	86	80	84	93	84	90
84	90	90	90	84	90	86	90
80	89	80	72	84	95	84	90
95	90	87	94	94	90	90	90
90	97	91	92	98	99	85	94
90	94	85	98	92	96	84	82
92	97	90	82	98	98	86	82
82	85	70	70	80	85	75	70
80	86	76	80	80	88	86	82
80	80	70	72	74	86	75	68
74	88	80	90	76	82	80	70
88	94	86	84	88	84	75	82
96	98	81	81	92	90	85	89
80	92	80	90	82	85	84	90
98	90	85	90	100	83	86	88
80	85	80	80	82	85	70	84
84	89	85	90	98	90	80	88
82	90	80	74	92	86	80	84
82	86	71	88	82	88	79	88
88	81	76	88	82	81	85	88
82	84	84	81	84	92	75	88
88	85	86	86	80	82	80	84
82	87	82	82	80	82	80	84
82	89	66	76	78	83	72	80
80	89	75	84	84	82	74	78
84	90	83	92	86	95	87	82
92	96	90	92	96	88	86	88
90	87	79	86	92	88	80	88
92	90	77	80	92	88	81	80
72	80	62	76	70	82	61	74
82	90	84	88	80	86	71	78
80	93	74	82	88	93	76	80
82	91	95	98	90	93	79	80
92	95	90	90	90	90	86	90

94	93	90	90	94	88	89	88
70	84	61	68	82	82	64	62
82	88	84	70	86	86	83	92
80	89	66	62	86	91	68	64
82	90	76	78	80	84	81	80
80	85	66	70	88	89	71	70
90	91	81	80	90	90	80	78
84	95	90	84	90	88	85	80
90	96	90	88	90	91	92	96
88	89	77	80	94	91	75	84
94	98	91	88	94	92	90	92
90	91	86	80	90	92	89	88
86	92	90	91	90	95	89	84

***Annexe VI : Prise des mesures goniométriques (Balthazard) et inclinométriques  
en photo***

**Prise de mesure avec l'outil Balthazard**

- *pour la flexion*



- *pour l'extension*



## Prise de mesure avec l'outil Rippstein

- *pour la flexion*



- *pour l'extension*

