

MINISTERE DE LA SANTE

REGION LORRAINE

INSTITUT LORRAIN DE FORMATION EN MASSO-KINESITHERAPIE

DE NANCY

Table de verticalisation : Quel poids pour le patient ?

Mémoire présenté par Yannick PAGIS

Étudiant en 3^{ème} année de masso-kinésithérapie

En vue de l'obtention du Diplôme d'Etat

De Masseur-Kinésithérapeute

2012-2013

Sommaire

RESUME

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUCTION | 1 |
| 2. METHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE | 2 |
| 3. RAPPELS | 3 |
| 3.1. Intérêts de la verticalisation | 3 |
| 3.1.1. Pathologies cutanées | 3 |
| 3.1.2. Pathologies viscérales | 4 |
| 3.1.3. Pathologies locomotrices | 4 |
| 3.1.4. Pathologies neuro-psychiques | 5 |
| 3.2. Indications à la verticalisation | 5 |
| 3.2.1. Neurologie | 5 |
| 3.2.2. Gériatrie | 6 |
| 3.2.3. Pédiatrie | 6 |
| 3.2.4. Traumatologie | 7 |
| 3.3. Les principaux moyens de verticalisation | 8 |
| 3.3.1. Appui total..... | 8 |
| 3.3.1.1. Standing..... | 8 |
| 3.3.1.2. Fauteuil roulant verticalisateur | 8 |
| 3.3.2. Appui partiel | 9 |
| 3.3.2.1. La table de verticalisation..... | 9 |
| 3.3.2.2. Balnéothérapie | 9 |
| 3.4. Biomécanique | 11 |
| 3.4.1. Calcul de l'appui partiel | 11 |
| 3.4.2. Frottements sur un plan incliné..... | 12 |

| | |
|---|----|
| 4. MATERIEL ET METHODE | 13 |
| 4.1. Population | 13 |
| 4.2. Matériel | 13 |
| 4.3. Méthode | 14 |
| 4.3.1. Mesure du poids du participant..... | 15 |
| 4.3.2. Installation sur la table de verticalisation | 15 |
| 4.3.3. Prises de mesures | 15 |
| 4.3.3.1. Première série | 15 |
| 4.3.3.2. Deuxième série | 16 |
| 4.3.3.3. Troisième série | 16 |
| 4.3.3.4. Quatrième série..... | 17 |
| 5. RESULTATS | 17 |
| 5.1. Présentation de l'échantillon | 17 |
| 5.2. Traitement statistique | 18 |
| 5.2.1. Méthode statistique | 18 |
| 5.2.2. Les valeurs en pourcentages de poids du corps | 19 |
| 5.2.3. Résultats | 20 |
| 5.2.4. Coefficient de frottement..... | 21 |
| 6. DISCUSSION | 23 |
| 6.1. Présentation des résultats de l'étude statistique | 23 |
| 6.2. Proposition d'une formule biomécanique corrigée | 26 |
| 6.3. Les imprécisions de l'étude | 26 |
| 6.4. Application kinésithérapique | 28 |
| 7. CONCLUSION | 28 |

BIBLOGRAPHIE

ANNEXES

RESUME

Introduction :

L'homme vit debout. C'est une propriété qui lui est retirée alors qu'il est touché par une pathologie le privant de cette capacité à la station érigée. La verticalisation est une étape clé de la rééducation. Les moyens de verticalisation sont nombreux mais nous allons nous focaliser sur la table de verticalisation, en particulier. Cet outil qui a tendance à être oublié de nos protocoles, est un moyen intéressant pour répondre à notre objectif, l'autonomie à la locomotion. Cette verticalisation sur table est associée à une formule de biomécanique $F = P \sin \alpha$ qui nous permet de calculer le poids soumis au patient en fonction de l'angle d'inclinaison dans le cas où l'appui autorisé est restreint.

Objectif :

L'objet de cette étude est de vérifier si cette formule de biomécanique théorique est pertinente et fiable compte tenu de ces recommandations médicales.

Matériel et méthode :

Trente-neuf sujets se sont prêtés à l'étude, qui a nécessité l'utilisation d'une table de verticalisation, d'un goniomètre de Rippstein pour vérifier l'angle, d'un pèse-personne mécanique, de deux sangles et de deux serre-joints pour maintenir le pèse-personne.

Résultat :

Les statistiques montrent qu'en pratique, les valeurs obtenues sont différentes de celles attendues en utilisant cette formule mathématique qui ne prend pas en compte les frottements.

Discussion :

Au vu des différences théorico-pratiques importantes soulevées par cette étude, il est indispensable de prendre en compte ces frottements lors d'une verticalisation sur table. Nous proposons une formule corrigée de calcul d'appui partiel à partir d'abaques incluant le coefficient de frottement révélé dans cette recherche. De plus, il nous paraît souhaitable de développer les applications de la table inclinable pour ne pas la réduire uniquement à une seule utilisation qu'est la verticalisation.

Mots clés :

Table de verticalisation, appui partiel, remise en charge et biomécanique.

Key words :

Tilt table, weight bearing and biomechanics.

1. INTRODUCTION

L'homme est aujourd'hui un être vivant bipède qui, au cours de son évolution, a acquis la station debout, ce qui le différencie de tous les autres animaux. Les homos sapiens que nous sommes vivent en communauté où tout est adapté à une vie sur « deux jambes » et où toutes les commodités, services et architectures de la vie moderne telle que nous les vivons, seraient profondément inappropriés si nous étions quadrupèdes.

De nombreuses pathologies entraînant une perte de la station debout ou encore un alitement forcé nous privent de cette « condition humaine » ce qui, pour nous, thérapeutes ou futurs thérapeutes, devient un objectif primordial de la rééducation.

La verticalisation est une étape clé dans la prise en charge en kinésithérapie. Elle est proposée dans de nombreux protocoles de rééducation car elle présente de nombreux champs d'actions. Ainsi elle est principalement utilisée en neurologie, gériatrie, pédiatrie et traumatologie, dans le but de redonner des habitudes, réflexes végétatifs, de reconditionner le corps humain à la station verticale. Elle permet notamment de relancer la mécanique des complexes ostéo-articulaires des membres inférieurs et du tronc avec comme finalité l'autonomie du sujet pris en charge [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11].

Si la table de verticalisation est l'outil de référence en neurologie pour les blessés médullaires et en gériatrie pour les patients grabataires, elle a souvent tendance à être mise de côté ou sous utilisée en traumatologie par manque d'applications dans son utilisation. Le faible nombre d'informations et d'exemples dans ces protocoles de rééducation est sans doute la cause de cet oubli. D'ailleurs le peu de publications scientifiques sur ses principes d'utilisation en est la triste démonstration.

La remise en charge par l'intermédiaire de la verticalisation est souvent soumise à des recommandations médicales avec un appui partiel quantifié soit par un pourcentage du poids du corps, soit par une charge à ne pas dépasser.

La basculine est souvent proposée pour répondre à ce type de prescription, mais son utilisation reste limitée quand le patient est en perte d'autonomie ou dans l'incapacité de se verticaliser.

Dans ces cas-là, l'utilisation de la table de verticalisation est alors indiquée. Il existe, pour répondre à ces recommandations d'appui partiel, une formule de biomécanique théorique. Celle-ci nous permet de calculer l'angle à atteindre par la table pour respecter le

pourcentage de poids de corps ou la charge recommandée par le médecin [12, 13, 14, 15, 16, 17, 18].

L'objet de ce mémoire de recherche est de vérifier si cette formule de biomécanique théorique est pertinente et fiable compte tenu de ces recommandations médicales.

2. METHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE

2.1. Démarche de recherche bibliographique

La recherche bibliographique sur laquelle se base ce mémoire a été effectuée entre septembre 2012 et décembre 2012 sur les moteurs de recherche suivant : Pedro, PubMed, Cochrane Library, Elsevier Masson Consult, Bibliothèque Universitaire de Médecine Nancy, KINEDOC et la bibliothèque Réédoc.

Etant donné le peu de publications en rapport avec la biomécanique sur une table de verticalisation, nous n'avons pas pris de limite temporelle quant à la date de publication des articles. Les mots clefs utilisés pour les moteurs de recherche anglophones ont été : « tilt table » ou « partial weight bearing » AND « biomechanics », mais aussi « partial unloading ». La même démarche sur les moteurs de recherche francophone a été effectuée avec les mots clés : « table de verticalisation » ou « verticalisation » ou « plan incliné » AND « biomécanique », mais aussi « verticalisation » ou « appui partiel » ou « remise en charge ».

Suite à cette recherche, nous avons sélectionné les articles dont les mots clés, le titre ainsi que le résumé correspondaient à nos attentes. Quelques références proviennent de bibliographies obtenues à partir des articles choisis dans notre recherche. D'autres proviennent de littératures personnelles.

2.2. Résultats de la recherche bibliographique

Google Scholar : 3 références : [3, 8, 20]

Littérature personnelle : 3 références : [26, 28, 30]

Documentation IFPEK Rennes : 1 référence [13]

| Moteur de recherche | Résultats | Retenus | Références |
|---------------------|-----------|---------|--|
| Réédoc | N = 76 | 15 | 1, 2, 4, 5, 6, 7, 10, 11, 14, 16, 17, 18, 22, 23, 29 |
| Kinédoc | N = 406 | 5 | 9, 19, 21, 24, 25 |
| Pedro | N = 42 | 0 | |
| BU médecine | N = 15 | 1 | 15 |
| EM Consult | N = 821 | 1 | 27 |
| PubMed | N = 189 | 3 | 12, 31, 32 |
| Cochrane Library | N = 6 | 0 | |

3. RAPPELS

3.1. Intérêts de la verticalisation

3.1.1. Pathologies cutanées

Les pathologies cutanées liées à l'alitement sont nombreuses. On y retrouve les défauts de cicatrisation, les manifestations allergiques, les infections, avec en chef de file, l'escarre de décubitus qui est considérée par beaucoup comme une erreur médicale tant la surveillance et le nursing de ces patients alités est intensive. L'escarre est une lésion ischémique par compression en regard des différents points d'appuis du corps humains, favorisée par l'immobilité, la dénutrition protéique, l'incontinence et le diabète, notamment [1, 2, 4, 8, 17].

3.1.2. Pathologies viscérales

Les pathologies viscérales sont multiples et peuvent toucher bon nombre de viscères engageant parfois le pronostic vital des patients.

Les pathologies circulatoires sont principalement les complications thromboemboliques telles que les phlébites ou embolies pulmonaires. Le kinésithérapeute a un rôle dans la prévention par des bilans réguliers (palpation et douleur) du patient ainsi que par la pause de contentions veineuses adaptées au patient. La prévention est également renforcée par une médication rigoureuse à base d'anticoagulant.

Les pathologies respiratoires sont à mettre largement en lien avec la diminution de la ventilation due à l'alitement. Elles sont souvent la cause d'une insuffisance respiratoire prévenue par un bon contrôle des voies aériennes, d'un bon nursing et parfois d'une aide oxygénothérapique [1, 2, 17].

Les pathologies digestives sont les conséquences d'un ralentissement du transit, du fait de la non-exposition à la gravité qui, en temps normal, facilite la circulation du bol alimentaire à travers le système digestif [1, 2, 17, 19]. Le kinésithérapeute peut alors, suivant la demande du médecin, procéder à un massage abdominal lorsque qu'il y a absence de selles pendant plusieurs jours consécutifs.

Les pathologies uro-génitales telles que l'incontinence urinaire, l'infection, la lithiase, sont courantes en cas d'immobilisation prolongée [1, 2, 4, 5, 17, 19].

Les pathologies endocrino-métaboliques surviennent fréquemment : hypercalcémie, décompensation d'un diabète ou déshydratation [1, 2].

3.1.3. Pathologies locomotrices

Les pathologies locomotrices, conséquences de l'immobilisation, sont bien connues et interrogent des structures différentes du corps humain.

Les pathologies osseuses sont dominées par l'installation ou l'aggravation d'un terrain ostéoporotique, parfois jumelées à des troubles du métabolisme phosphocalcique [1, 2, 4, 5, 17].

Les pathologies articulaires sont également bien décrites. Les plus évidentes et rapides d'installation sont l'enraidissement articulaire ainsi que les attitudes vicieuses. La prévention de ces complications repose sur une surveillance accrue de la bonne installation au lit ou au fauteuil couplée à une prise en charge Masso-Kinésithérapique précoce à base notamment de mobilisations passives répétées [1,2].

Les pathologies musculaires telles que les rétractions musculaires et les amyotrophies de non utilisation, peuvent là aussi être évitées par une prise en charge précoce de renforcement musculaire et de conseils diététiques [5].

3.1.4. Pathologies neuro-psychiques

Bien que l'immobilisation soit la cause de dysfonctions neurologiques périphériques ou centrales, l'alitement prolongé donne souvent au patient une image de mort imminente ou, dans une moindre mesure, de dépendance aux autres, entraînant souvent des désordres d'ordre psychologique du type : angoisse, confusion ou dépression notamment [1, 2, 4, 17].

3.2. Indications à la verticalisation

Les indications à la verticalisation sont assez larges. En effet l'alitement fait partie de nombreuses pathologies et nécessite une remise en charge par le biais d'une verticalisation progressive ou non. Les domaines ayant recours à une verticalisation sont principalement la neurologie, la gériatrie, la pédiatrie et la traumatologie.

3.2.1. Neurologie

Les patients ayant une pathologie neurologique et nécessitant une verticalisation sont en premier lieu les blessés médullaires. Les tétraplégiques ainsi que les paraplégiques vont tirer profit d'une verticalisation assistée sur différents points. Premièrement, la verticalisation limite l'ostéoporose sous-lésionnelle et la spasticité [11]. Elle participe également au maintien

d'un état orthopédique convenable tout en participant à la prévention des escarres. Enfin elle diminue le risque de survenue de lithiases urinaires.

Pour des raisons quelque peu différentes mais tout aussi valables, l'hémiplégique a, lui aussi, besoin de se verticaliser. En effet la verticalisation est l'étape qui précède la reprise de la marche. De plus elle permet d'avoir une récupération des réflexes posturaux [9].

La verticalisation peut aussi être envisagée pour des syndromes cérébelleux, troubles de l'équilibre ou encore pour le coma [1, 2, 4].

3.2.2. Gériatrie

Les personnes âgées, confiées en rééducation, sont souvent soumises au processus de grabatisation. La verticalisation précoce permet de sortir de ce cercle vicieux [1, 2, 18, 19]. En effet le passage de la personne âgée en position érigée permet de lutter contre le syndrome d'immobilisation bien décrit par J.C. GARROS et M.C. MORINEAU dans leur étude sur la verticalisation en gériatrie (1990) [18]. « Le lit est l'ennemi numéro 1 du vieillard » disaient-ils par ailleurs. La verticalisation permet une meilleure adaptabilité du cœur à la station érigée, de lutter contre l'enraidissement articulaire et les rétractions musculaires, mais permet surtout de prévenir l'arrivée de celles-ci. Cette utilisation de la verticalisation se retrouve également dans les protocoles de rééducation en établissement d'hébergement pour personnes âgées dépendantes (EHPAD) [20]

3.2.3. Pédiatrie

La plupart des cas de pédiatrie nécessitant une verticalisation assistée sont les cas de pathologies neurologiques de l'enfant [17]. En effet celui-ci présentera des troubles de la posture et du mouvement, entraînant un retard dans son développement. La verticalisation de ces jeunes enfants se fera par l'intermédiaire d'une orthèse de verticalisation adaptée à chaque morphologie, associée à un standing [3, 2, 10].



Figure 1 : Enfant paralysé cérébral en séance de verticalisation au standing.

Ce type de montage (fig. 1) permet principalement un développement de la posture qui tend à se stabiliser, un développement ostéoarticulaire symétrique par la gravité, une activation de la musculature automatique des chaînes antérieure et postérieure, de stimuler l'orthostatisme vasculaire et les fonctions digestives [3].

3.2.4. Traumatologie

L'utilisation de la verticalisation en traumatologie des membres inférieurs est la plus courante car la phase de décubitus est souvent très brève ; on s'oriente rapidement vers une reprise d'appui. Enumérer la liste des pathologies nécessitant une verticalisation au cours de leurs prises en charge serait fastidieux et inutile. Nous pouvons cependant affirmer que la phase d'appui partiel se résume souvent à l'utilisation d'aide technique ou de basculine.

Le recours aux autres moyens tels que le standing ou le fauteuil roulant verticalisateur serait inapproprié, du fait du manque d'étapes intermédiaires au cours de la verticalisation, mais la table de verticalisation répondrait parfaitement aux attentes de ladite phase.

La verticalisation sur table en traumatologie est surtout utilisée en cas de pathologie des deux membres inférieurs, ou dans un contexte d'amputation [5].

3.3. Les principaux moyens de verticalisation

3.3.1. Appui total

Certains moyens de verticalisation sont plutôt utilisés lorsque l'appui autorisé est total. Le patient passera alors directement de la station assise (au fauteuil) à la station debout, sans passer par des étapes intermédiaires. Cette classe d'appareil est notamment représentée par le standing et le fauteuil roulant verticalisateur.

3.3.1.1. Standing

Le standing est la méthode la plus utilisée pour verticaliser les personnes âgées. C'est un appareil utilisant une armature avec supports et étriers servant à bloquer les pieds, les genoux, et le bassin [1, 17, 21, 22, 23]. Une tablette amovible peut être ajoutée afin de proposer des exercices complémentaires sollicitant les membres supérieurs. C'est une verticalisation érigée, sans position intermédiaire, qui va demander un travail plus ou moins important du patient pour contrôler son tronc et sa tête [21].

3.3.1.2. Fauteuil roulant verticalisateur

Il existe 3 types de fauteuils roulants verticalisateurs :

- Les fauteuils roulants manuels à verticalisation manuelle où la verticalisation est commandée par les deux membres supérieurs du patient.
- Les fauteuils manuels à verticalisation électrique où la verticalisation est commandée en unimanuel au niveau du patient.
- Les fauteuils électriques à verticalisation électrique.

L'intérêt de ces fauteuils est une verticalisation prolongée possible à la simple volonté du patient, sans nécessiter un transfert (comme c'est le cas sur une table de verticalisation ou un « Standing ») [1, 22, 23, 24].

3.3.2. Appui partiel

3.3.2.1. La table de verticalisation

Il existe deux types de tables de verticalisation, les mécaniques (peu ergonomique et moins facile d'utilisation) et les tables électriques.

Les tables mécaniques à verticalisation manuelle sont principalement utilisées pour la verticalisation à domicile [21].

Les tables électriques à verticalisation motorisée sont plus confortables avec un revêtement en « skaï mousse ». Elles permettent aux patients de mieux supporter la durée de la verticalisation. Elles possèdent pour la plupart une motorisation de la hauteur de la table pour faciliter les transferts des patients du fauteuil ou du lit sur la machine [1, 22, 23].

C'est un moyen de remise en charge progressive de 0 à 90° en milieu sec qui utilise des positions intermédiaires non physiologiques et non fonctionnelles. En effet nous n'utilisons jamais une station unipodale à 45° dans la vie courante. Elle se passe en milieu fermé, ce qui restreint les champs d'utilisation de celle-ci. C'est pourquoi il est important de bien respecter les modalités d'utilisation pour avoir une efficacité optimale.

Pour notre étude, nous avons utilisé une table de verticalisation électrique à double vérins (élévation et inclinaison) pilotée par l'opérateur à l'aide d'une commande périphérique. Cette table a été empruntée au centre de réadaptation de LAY ST CHRISTOPHE en Lorraine.

3.3.2.2. Balnéothérapie

La balnéothérapie ou hydrokinésithérapie est une thérapie par laquelle le patient va être rééduqué dans l'eau afin de profiter des propriétés physiques, physico-chimiques et naturelles de l'eau. C'est un moyen de remise en charge qui, contrairement à la table de verticalisation, utilise constamment la position verticale, ce qui est plus physiologique. Elle se pratique généralement dans un espace ouvert, où les déplacements ne sont pas restreints, ce qui a l'avantage de permettre la rééducation à la marche.

Cependant les contre-indications sont nombreuses, ce qui pousse les thérapeutes à opter pour un autre moyen de remise en charge.

La balnéothérapie peut être mise en œuvre pour une remise en charge progressive. Elle utilise la poussée d'Archimède $F_A = dV$ où un corps plongé dans un liquide au repos subit une force verticale égale au poids du volume de liquide déplacé [25, 26, 27].

Ceci permet au patient d'être en apesanteur relative pour soulager le poids de son corps suivant le niveau d'immersion. En effet selon le principe de l'hydrostatisme énoncé par Archimède, plus le corps est immergé, plus le volume d'eau déplacé est important ; par conséquent plus le vecteur force de la poussée d'Archimède sera élevé. Ainsi, pour exemple, une immersion xiphoidienne soumettra 40% du poids du corps au patient contre 30% en eau de mer alors qu'une immersion fémorale soumettra 90% du poids du corps au patient contre 70% en eau de mer [27].

Naturellement cette correspondance varie d'un sujet à l'autre en fonction de la morphologie, de la phase respiratoire ou encore de la pathologie de l'individu (par exemple l'œdème lymphatique des membres inférieurs faisant varier le rapport des volumes entre eux et le tronc). La composition physico-chimique de l'eau peut également faire varier la densité de celle-ci et en conséquence modifiera le vecteur force P_A pour une immersion au même niveau.

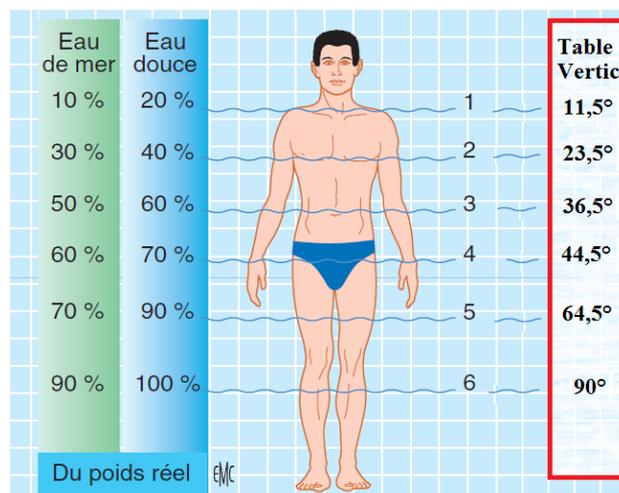


Figure 2 : Correspondance entre niveau d'immersion, inclinaison d'une table de verticalisation et pourcentage de poids du corps [27].

Légende (fig. 2) :

| | |
|--------------------------|----------------------|
| 1 Immersion sternale | 4 Immersion pubienne |
| 2 Immersion xiphoïdienne | 5 Immersion fémorale |
| 3 Immersion ombilicale | 6 Immersion tibiale |

Sur cette figure (fig. 2) nous pouvons également voir la correspondance entre niveau d'immersion et degrés d'inclinaison d'une table de verticalisation [26, 27].

3.4. Biomécanique

3.4.1. Calcul de l'appui partiel

La remise en charge d'un patient sur une table de verticalisation est souvent corrélée à un pourcentage de poids de corps (ou charge) à ne pas dépasser. Pour se faire nous devons utiliser la formule de calcul d'appui partiel donné par biomécanique : $F=P*\sin(\sigma)$ où F est la masse soumise au patient (Kg), P est la masse du patient (Kg) et σ est l'angle donné par la table en radians [12, 13, 14, 15, 16, 17, 18]. Cet énoncé mathématique provient tout simplement de l'application du cercle trigonométrique (fig. 3) [12, 28].

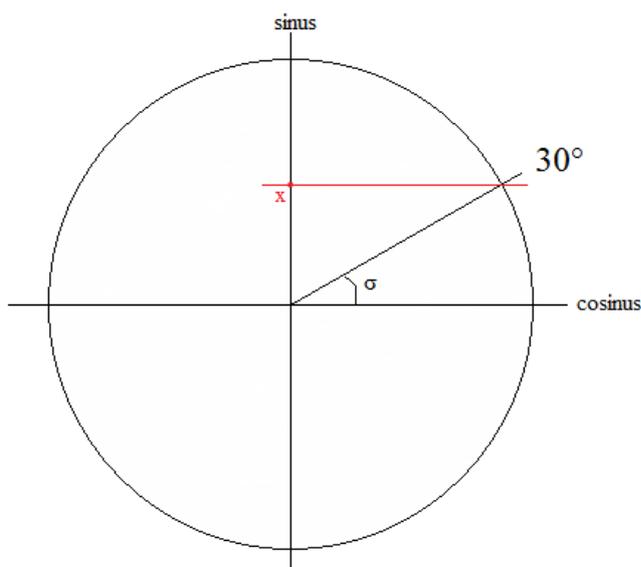


Figure 3 : Application du cercle trigonométrique à 30°.

Sur cette figure (fig. 3) x est égal à 0,5. Si nous rapportons cette valeur dans l'énoncé mathématique nous avons $F=P*0,5$ d'où 50% du poids total. Lors d'une inclinaison à 30° , et d'après la formule, nous proposerons au patient un poids sous ses pieds équivalent à 50% de son poids total.

3.4.2. Frottements sur un plan incliné

La formule citée précédemment ne prend en aucun cas en compte les forces de frottements des vêtements sur le revêtement de la table de verticalisation qui sont pourtant présents d'après les lois de la biomécanique.

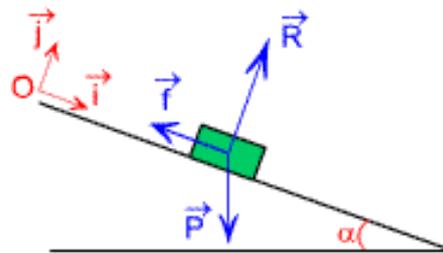


Figure 4 : Représentation des différentes forces appliquées à un solide en mouvement sur un plan incliné.

Lorsqu'on place un solide sur un plan incliné d'axe $O(i,j)$ celui-ci est soumis à trois forces (fig. 4). La force de pesanteur (P), la force de réaction du plan (R) et la force de frottement du solide sur la plan (f) [13, 18, 29, 30].

Lors de notre étude, le vecteur force de frottement est représenté par les frottements entre le sujet et la table de verticalisation et n'est pas négligeable [31, 32].

La verticalisation est parfois employée pour des sujets qui ont perdu l'équilibre et qu'il faut maintenir par des sangles, majorant ainsi ces forces de frottements sur la table [31, 32].

La valeur de ces frottements diffère suivant les matériaux utilisés. Les forces de frottement sont caractérisées par un coefficient de frottement noté μ . Par exemple le

coefficient de frottement entre l'acier et la fonte est de 0,18, du cuir sur une poulie de 0,27, d'un patin sur la glace de 0,03 [29].

Cette formule mathématique de calcul d'appui partiel sur un plan incliné, précédemment énoncée, ne prend pas en compte ces forces de frottements. C'est pourquoi il serait intéressant de comparer une étude pratique aux valeurs obtenues par cette formule théorique.

Lors d'une précédente étude réalisée en 1989, P. TERNON & Col (1989) avaient réussi à évaluer le coefficient de frottement d'un sujet sur du « skaï » de $0,1876 \pm 0,051$, et sur du bois de $0,1127 \pm 0,029$. Cependant cette étude avait été réalisée sur un plan incliné installé sur un espalier ; il est donc nécessaire de réévaluer ce coefficient de frottement [13].

4. MATERIEL ET METHODE

4.1. Population

- | | |
|----------------------------|---|
| Critère d'inclusion : | - Toute personne majeure ayant signé le formulaire de consentement (ANNEXE I) |
| Critère d'exclusion : | - Toute personne voulant se retirer de l'étude |
| Condition du participant : | - Le participant sera vêtu d'un haut, d'un pantalon et de chaussettes. |

4.2. Matériel

- Une table de verticalisation électrique
- Un goniomètre de Rippstein

- Un pèse-personne mécanique gradué tous les 0,5kg et préalablement fixé par deux vis perforantes à une planche en bois afin de faciliter sa transposition sur la table de verticalisation.
- Une sangle double
- Une sangle triple
- Deux serre-joints



Figure 5 : Matériel de l'étude

4.3. Méthode

Avant toute prise de mesure, chaque participant remplit la feuille de consentement de participation à l'étude. Ensuite il remplit la fiche de renseignements dans sa partie « pré test » (ANNXE II). L'étude va comporter 4 séries de mesures différentes :

- Première série : sans sangle en appui bipodal
- Deuxième série : sans sangle en appui unipodal sur le membre inférieur « d'appui » donné par le participant dans la fiche de renseignements
- Troisième série : avec sangles en appui bipodal
- Quatrième série : avec sangles en appui unipodal sur le même membre inférieur que lors de la deuxième série.

4.3.1. Mesure du poids du participant

La pesée du patient, lors de la première prise de mesure, servira de référence à tous les calculs de pourcentages de l'étude. La mise à zéro (tare) du pèse-personne est indispensable pour avoir une mesure fiable.

4.3.2. Installation sur la table de verticalisation

Le participant vient s'allonger en décubitus sur la table de verticalisation en vérifiant que le goniomètre de Rippstein indique bien le zéro. Le pèse-personne ayant servi lors de la mesure du poids du participant (4.3.1.), sera fixé aux tablettes repose-pied de la table par deux serre-joints.

On demande alors au participant de venir appuyer le pied (tête des métatarsiens et talon) sur le pèse-personne en veillant bien à ce que l'aiguille de celui-ci reste figée sur le zéro. On donne alors la consigne au participant de garder tout au long des mesures les bras sur l'abdomen et la tête contre la table de verticalisation.

4.3.3. Prises de mesures

4.3.3.1. Première série

La première série de mesures s'effectue en appui bipodal (les deux pieds sur le pèse-personne) (fig. 6). Nous allons ensuite relever le poids indiqué par le pèse-personne tous les 10 degrés en partant de 0 (position horizontale) jusque 90 degrés (position verticale). L'inclinaison est indiquée par le goniomètre de Rippstein qui est fixé à l'aide de lamelles de strapping inextensibles.



Figure 6 : Mesure en appui bipodal sans sangle.

4.3.3.2. Deuxième série

La deuxième série s'effectue en appui unipodal sur le membre inférieur fort désigné par le participant. Nous décalons le pèse-personne sur le côté désigné pour libérer l'espace nécessaire au pied qui ne sera pas en appui. Nous donnons alors la consigne au patient de ne jamais toucher ni le pèse-personne, ni le repose pied de la table de verticalisation. Nous effectuons alors les mesures tous les 10 degrés suivant le même protocole précédemment décrit dans la première série.

4.3.3.3. Troisième série

La troisième série s'effectue en appui bipodal avec les sangles. La sangle double est placée sur le tiers distal du fémur : le bord inférieur de la sangle placé à 3 cm au-dessus de la base de la patella. Elle sert à maintenir l'extension de genou. Alors que la sangle triple est placée sur l'abdomen : bord supérieur de la sangle en regard de l'appendice xiphoïde, et maintiendra le tronc sur la table de verticalisation.

Les sangles seront serrées lorsque le participant sera installé sur la table de verticalisation selon le protocole décrit en (4.3.2.), de façon à ce que nous puissions passer trois doigts en dessous de la sangle au niveau du fémur et une main jusqu'au poignet en dessous de la sangle abdominale. Nous prendrons alors les mesures suivant le protocole décrit dans la première série.

4.3.3.4. Quatrième série

La quatrième série s'effectue avec les sangles en appui unipodal sur le membre inférieur fort désigné par le participant (fig. 7). Nous décalons le pèse-personne sur le côté désigné afin de libérer l'espace nécessaire pour le pied qui ne sera pas en appui. Nous donnons alors la consigne de ne toucher à aucun moment, ni le pèse-personne, ni le repose-pied de la table de verticalisation.

Nous prendrons alors les mesures suivant le protocole décrit lors de la première série.



Figure 7 : Mesure unipodale avec sangles.

5. RESULTATS

5.1. Présentation de l'échantillon

La population de cette étude est composée de sujets des deux sexes (26 hommes et 13 femmes) appartenant à l'Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie de Nancy. L'étude comprend 39 sujets :

- de 18 à 30 ans ($m= 20,41/ \pm 2,17$)
- taille de 151 à 196cm ($m= 177,26/\pm 9,05$)
- poids de 56 à 97kg ($m= 71,14 / \pm 9,30$)

Tableau I : Description des variables quantitatives relatives aux sujets de l'étude.

| | Moyenne | Ecart-type | Maximum | Minimum |
|--------|-----------|------------|---------|---------|
| Age | 20,41 ans | 2,17 ans | 30 ans | 18 ans |
| Taille | 177,26 cm | 9,05 cm | 196cm | 151 cm |
| Poids | 71,14 kg | 9,30 kg | 97 kg | 56 kg |

Pour chaque sujet nous avons pris les mesures du poids affiché par le pèse-personne mécanique tous les 10 degrés pour les séries « Bipodal sans sangle », « Unipodal sans sangle », « Bipodal avec sangles » et « Unipodal avec sangles ».

5.2. Traitement statistique

5.2.1. Méthode statistique

La normalité des distributions des valeurs du poids du corps pour chaque condition (bipodal, unipodal, bipodal sangle, unipodal sangle, valeur théorique) en fonction des différentes inclinaisons de la table (10°, 20°...90°) a été confirmée grâce aux tests de Skewness et Kurtosis, qui ont confirmé la normalité des valeurs. Par conséquent, une ANOVA à mesures répétées à un facteur (facteur condition), a été réalisée pour comparer les valeurs du poids du corps obtenues entre les cinq conditions en fonction des différentes inclinaisons de la table. En cas d'effet principal significatif du facteur condition, des comparaisons post-hoc ont été réalisées à l'aide du test de HSD de Tukey.

Ont été considérées comme significatives les valeurs de $p \leq 0,05$, comme tendance significative les valeurs de $0,10 \geq p > 0,05$ et comme tendance non significative les valeurs de $p > 0,10$.

5.2.2. Les valeurs en pourcentages de poids du corps

Tableau II : Pourcentages de poids du corps de chaque série en fonction de l'angle de la table.

| | 0° | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° | 70° | 80° | 90° |
|-----------------------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Théorie | 0 | 17,3 | 34,2 | 50,0 | 64,2 | 76,6 | 86,6 | 93,9 | 98,5 | 100 |
| Bipodal | 0 | 11,2 | 24,4 | 38,4 | 52,6 | 65,9 | 77,1 | 87,0 | 95,6 | 100 |
| Unipodal | 0 | 11,0 | 24,3 | 38,0 | 53,0 | 65,9 | 77,3 | 88,1 | 96,7 | 100 |
| Bipodal sanglé | 0 | 10,1 | 21,9 | 34,4 | 46,8 | 58,7 | 68,6 | 76,6 | 83,4 | 87,3 |
| Unipodal | 0 | 9,3 | 20,6 | 32,4 | 44,4 | 54,8 | 64,6 | 72,0 | 77,9 | 80,9 |

Les valeurs en kilogramme sont à voir en ANNEXE III.

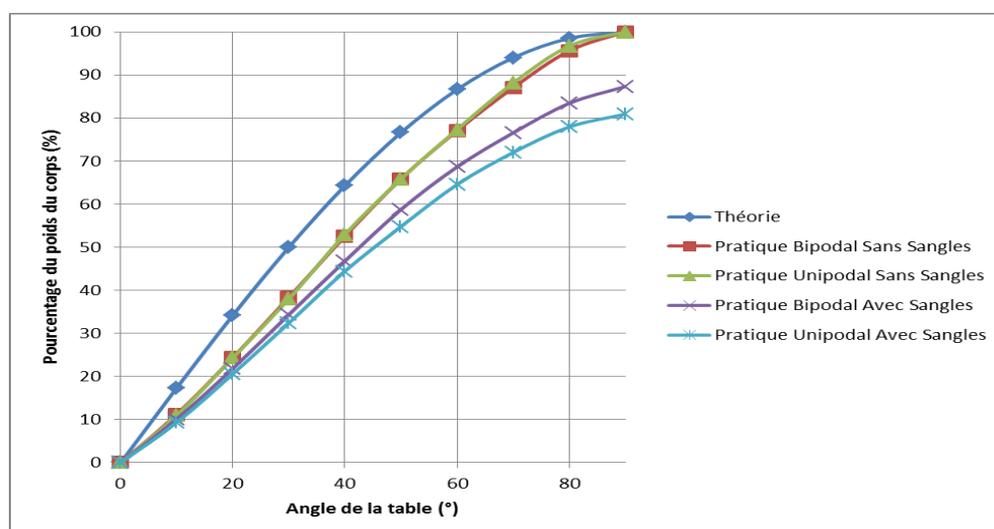


Figure 8 : Représentation de l'évolution du pourcentage du poids du corps en fonction de l'angle de la table.

Nous prendrons comme exemple la position 30° qui en théorie devrait soumettre 50% du poids du corps au sujet. Or, en pratique, nous avons observé des valeurs moins importantes, celles-ci atteignant difficilement des valeurs supérieures au tiers du poids du corps. Ainsi pour une inclinaison de 30° nous avons extrait de notre étude les valeurs de 38,4% du poids du corps pour la série « bipodal », 38,0% pour la série « unipodal », 34,4% pour la série « bipodal sanglé » et 32,4% pour la série « unipodal sanglé ».

5.2.3. Résultats

Lors de toutes les inclinaisons de la table, l'ANOVA à mesures répétées a montré un effet principal de toutes les conditions ($p < 0,0001$). Les comparaisons post-hoc ont mis en évidence une différence significative ($p < 0,05$) entre toutes les conditions pour toutes les inclinaisons sauf celles indiquées dans le tableau III.

Tableau III : Tableau des tendances significatives et non significatives, après les comparaisons post-hoc, en fonction de l'inclinaison de la table.

| Comparaisons post hoc | B / U | BS / US | B / BS | U / BS | B / T | U / T |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 10° | <u>0,876362</u> | S | S | S | S | S |
| 20° | <u>0,999974</u> | <u>0,121616</u> | S | S | S | S |
| 30° | <u>0,999697</u> | <u>0,06705</u> | <u>0,952504</u> | <u>0,984773</u> | S | S |
| 40° | <u>0,998924</u> | S | <u>0,241545</u> | <u>0,139649</u> | S | S |
| 50° | <u>1</u> | S | S | S | S | S |
| 60° | <u>0,99525</u> | S | S | S | S | S |
| 70° | <u>0,538636</u> | S | S | S | S | S |
| 80° | <u>0,931425</u> | S | S | S | <u>0,234497</u> | <u>0,710015</u> |
| 90° | <u>1</u> | S | S | S | <u>1</u> | <u>1</u> |

B : Bipodal BS : Bipodal sanglé T : Théorie A tendance significative

U : Unipodal US : Unipodal sanglé S : Significatif Non significatif

Toutes les comparaisons post-hoc ne sont pas représentées dans le tableau III, seules les comparaisons entre les conditions, présentant une valeur non significative sont indiquées.

Comparaisons post-hoc avec comme effet principal 30° :

Lors de l'inclinaison à 30° de la table, l'ANOVA à mesures répétées a montré un effet principal de la condition ($p < 0,0001$). Les comparaisons post-hoc ont mis en évidence une différence significative entre toutes les conditions sauf entre le bipodal et l'unipodal ($p = 0,0999974$) et entre le bipodal sanglé et l'unipodal sanglé ($p = 0,121616$).

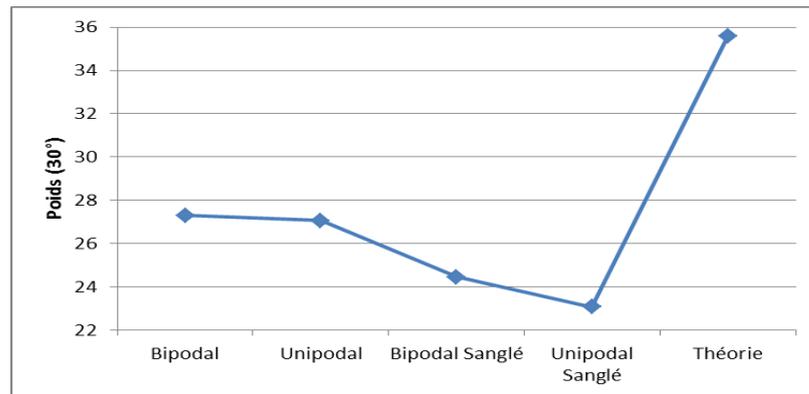


Figure 9 : tracé de moyennes avec comme effet principal 30°.

Tableau IV : Comparaisons post-hoc effectuées après une ANOVA à mesure répétée pour une inclinaison à 30°.

| | Bipodal | Unipodal | Bipodal sanglé | Unipodal sanglé | Théorique |
|-----------------|----------|----------|----------------|-----------------|-----------|
| moyenne | 27,29487 | 27,05128 | 26,38461 | 23,0641 | 35,57051 |
| Bipodal | | 0,999697 | 0,952504 | 0,007593 | 0,000017 |
| Unipodal | 0,999697 | | 0,984773 | 0,014404 | 0,000017 |
| Bipodal sanglé | 0,952504 | 0,984773 | | 0,06705 | 0,000017 |
| Unipodal sanglé | 0,007593 | 0,014404 | 0,06705 | | 0,000017 |
| Théorique | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 | |

Les autres comparaisons post-hoc détaillées sont à voir en ANNEXE IV.

5.2.4. Coefficient de frottement

Le calcul du coefficient de frottement sera effectué avec la formule $(P \cdot \sin \alpha - \text{charge à } \alpha) / P$ où P est le poids du patient et α l'angle de la table [13]. Etant donné la normalité de la distribution des valeurs de l'étude vérifiée par les tests de Skewness et Kurtosis, nous pouvons en extraire le coefficient de frottement relatif à chaque angle en fonction des différentes séries de notre étude (tab. V).

Tableau V : Moyenne des coefficients de frottement par angle d'inclinaison de la table en fonction de la condition.

| | 0° | 10° | 20° | 30° | 40° | 50° | 60° | 70° | 80° | 90° |
|--------------------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| bipodal | 0 | 0,0612 | 0,0982 | 0,1163 | 0,1173 | 0,1074 | 0,0954 | 0,0694 | 0,0290 | 0 |
| unipodal | 0 | 0,0639 | 0,0987 | 0,1197 | 0,1130 | 0,1074 | 0,0927 | 0,0584 | 0,0178 | 0 |
| bipodal sangle | 0 | 0,0724 | 0,1234 | 0,1563 | 0,1748 | 0,1785 | 0,1796 | 0,1741 | 0,1508 | 0,1269 |
| unipodal sangle | 0 | 0,0803 | 0,1359 | 0,1758 | 0,1984 | 0,2182 | 0,2205 | 0,2197 | 0,2056 | 0,1910 |

De ces valeurs nous pouvons en extraire les moyennes et écart-types (tab. VI).

Tableau VI : Moyenne des coefficients de frottement de chaque série de l'étude.

| | Bipodal | Unipodal | Bipodal sangle | Unipodal sangle |
|---------------------------|---------|----------|----------------|-----------------|
| Coefficient de frottement | 0,0694 | 0,0672 | 0,1337 | 0,1645 |
| Ecart type | 0,0310 | 0,0346 | 0,0578 | 0,0728 |

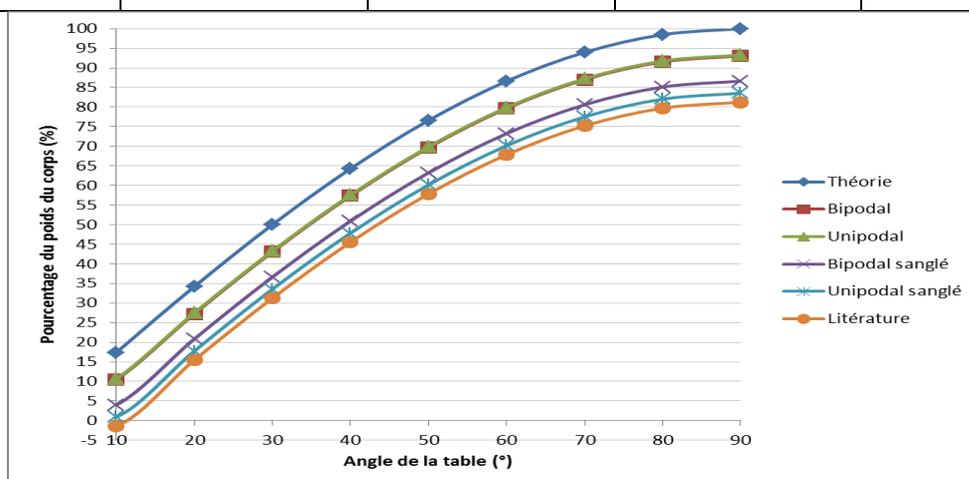


Figure 10 : Variation du pourcentage du poids du corps en fonction de l'angle de la table en prenant en compte la moyenne des coefficients de frottement pour chaque condition. »

6. DISCUSSION

6.1. Présentation des résultats de l'étude statistique

L'objectif de cette étude était de vérifier la correspondance du degré d'inclinaison de la table avec le pourcentage du poids du corps défini selon la formule de biomécanique théorique : $F=P*\sin(\sigma)$. D'après l'étude, les résultats obtenus nous démontrent que l'utilisation de cette formule biomécanique reste avant tout théorique et s'avère même erronée car elle ne prend pas en compte les frottements occasionnés par le contact entre les vêtements du patient et le revêtement de la table, parfois majorés par l'ajout de sangles [31, 32]. En effet le poids mesuré sous la basculine dans notre étude est toujours inférieur à celui attendu et donné par la formule suscitée. Une étude japonaise réalisée par VANAGISAWA K., YAMAGUCHI I., IKEDA M., et al (1974) lors de la 9^e conférence de la JPTA (Japanese Physical Therapy Association), avait trouvé un pourcentage de poids du corps de 50%, pour une inclinaison de 45°. Or nous avons trouvé 52,6% à 40°. Cela se rapproche d'avantage de nos observations.

Suite à l'étude statistique, nous avons trouvé une différence significative entre toutes les conditions et la théorie pour les valeurs de 10° à 70° avec un $p < 0,05$ obtenu suite aux comparaisons post hoc réalisées par le test de HSD de Tukey. Cela signifie que les valeurs obtenues diffèrent significativement de la théorie alors que les conditions de l'étude sont celles reproductibles lors d'une séance de rééducation.

Les séries « bipodal » et « unipodal » ont été très proches statistiquement avec un « p » toujours non significatif compris entre 0,539 et 1. Cela peut s'expliquer par le fait que la surface de frottement entre la table et le sujet est la même, tandis que le sujet a tendance à effectuer une translation vers le membre inférieur porteur, sans changer le poids apparent.

En revanche les séries « bipodal sangle » et « unipodal sangle » se sont distinguées par un « p » toujours significatifs ($p < 0,05$) sauf pour les angles de 20° (non significatif) et 30° (tendance significative). En effet, la présence des sangles rassure le sujet qui n'est plus obligé d'effectuer un ajustement postural pour garder l'équilibre. Il est donc normal d'obtenir, pour

chaque angle de l'étude, une moyenne inférieure en condition « unipodal sanglé » par rapport au « bipodal sanglé ».

Les séries « bipodal » et « bipodal sanglé » se sont aussi différenciées par un « p » toujours significatif ($p < 0,05$) sauf pour les angles de 30° et 40° , tous les deux non significatifs. La seule modification de protocole entre ces deux séries est l'ajout de sangles.

On en conclut que le facteur « sangle » modifie de manière significative le poids sous les pieds du patient.

Cette conclusion peut également s'appliquer à la comparaison entre les séries « unipodal » et « unipodal sanglé ». En effet ces deux conditions ont été significativement différentes pour l'ensemble des angles étudiés.

Nous avons trouvé un coefficient de frottement μ dont les moyennes varient de 0,0672 à 0,1645 en fonction de la condition de la série. La moyenne est sensible aux valeurs extrêmes, et a, pour les deux premières séries à 0° et 90° , un coefficient de frottement de 0 respectivement pour la position allongée (sans frottement) et la position debout (ou en chute libre), si nous enlevons ces valeurs nous trouvons une moyenne de coefficient de frottement de 0,0868 pour la condition « bipodal » et 0,0840 pour la condition « unipodal ». La littérature nous donnant un coefficient de frottement de 0,1876, on peut en déduire que la nature du revêtement de la table dans notre recherche confère moins de frottements que le plan incliné utilisé pendant l'étude de P.TERNON & col (1989) [13]. Etant données les moyennes de coefficient de frottement, nous arrivons à une nouvelle distribution graphique du poids du corps en fonction de l'inclinaison de la table. (fig. 10).

Cependant l'étude nous a montré qu'il y avait une grande variabilité de ce coefficient de frottement en fonction de l'angle. On ne peut se limiter à dire qu'il n'existe qu'un seul et unique coefficient de frottement pour une condition. En l'occurrence, on peut voir que le coefficient de frottement est maximal à 30° pour les séries « bipodal » et « unipodal », alors qu'il l'est à 60° pour les séries « bipodal sanglé » et « unipodal sanglé » (fig. 11).

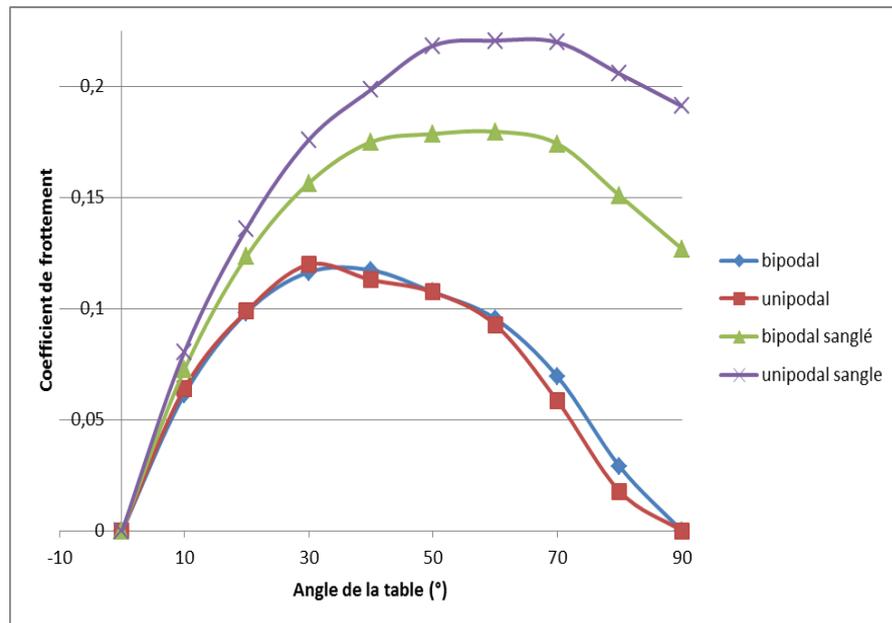


Figure 11 : Variation du coefficient de frottement en fonction de l'angle de la table.

La manière la plus précise de trouver le poids soutenu par les forces de frottement serait de se référer à des abaques des coefficients de frottement en fonction de l'angle de la table et de la condition dans laquelle se trouve le patient (bipodal, unipodal, sanglé ou non), comme nous l'avons proposé (tab. V).

L'étude menée par P.TERNON & col (1989) [13] avait trouvé un coefficient de frottement pour leur revêtement de $0,1876 \pm 0,051$. Ce chiffre est tout de même éloigné de nos résultats ($0,0694 \pm 0,0310$). Les conditions de cette étude ont été différentes de celles employées pour la notre. En effet le support était un plan incliné sur espalier alors que nous avons effectué nos mesures sur une table de verticalisation électrique plus précise sur le moyen de vérifier l'angle (car équipée d'un goniomètre de Rippstein) préférable au fil à plomb et au rapporteur utilisés dans l'autre étude. Cependant le calcul du poids se faisait par un anneau d'extensométrie relié à un statergomètre pour son enregistrement, procédé plus précis que notre pèse-personne mécanique.

6.2. Proposition d'une formule biomécanique corrigée

De ces chiffres, nous pouvons pratiquer une extrapolation mathématique en essayant d'inclure les frottements dans la formule de biomécanique servant à calculer le poids sous les pieds de notre patient verticalisé. En effet, de la formule de base $F=P\sin\alpha$, nous devons soustraire la fraction de poids du corps soutenu par les frottements sur la table. Nous arrivons par conséquent à cette nouvelle équation :

$$F = P\sin\alpha - \mu P$$

- F est le poids soumis au patient (Kg)
- P est le poids total du patient (Kg)
- α est l'angle de la table (RAD)
- μ est le coefficient de frottement propre à la condition et à l'angle d'inclinaison de la table que l'on peut retrouver (tableau IV).

Exemple : On verticalise un patient de 80Kg à 30° en condition « unipodal ».

- Théorie $\rightarrow F=P*\sin30^\circ = 80*0,5 = 40\text{Kg}$
- Pratique $\rightarrow F=P*\sin30^\circ - P*0,1197 = 40 - 80*0,1197 = 30,424\text{Kg}$

Nous voyons sur cet exemple que les frottements occasionnés par la table retirent un peu moins de 10Kg aux conditions citées. Sur un exercice où nous devons proposer 50% du poids du corps au patient, il n'est en fait que de 38,6%.

6.3. Les imprécisions de l'étude

Cette étude a été réalisée sur des sujets issus des 3 promotions de l'ILFMK de Nancy qui n'ont pas été tirés au sort mais sur la base du volontariat, ce qui crée un biais de sélection de la population étudiée par rapport à la population de l'ILFMK. Ces étudiants qui se sont gracieusement prêtés à l'étude étaient habillés différemment. Certains en tenue de ville (23

personnes), d'autres en tunique de travaux pratiques (16 personnes), ce qui ne reflète pas la condition du patient lambda bénéficiant d'une séance de verticalisation. Il aurait fallu que nous prévoyions une tenue représentative d'une tenue « de ville » que nous aurions intégrée au protocole comme unique tenue pour l'étude.

En outre il existe de nos jours des dizaines de tables de verticalisation avec des revêtements de surface différents possédant chacun des propriétés physiques inégales. De ce fait les coefficients de frottement correspondants ne seront pas les mêmes. Si le raisonnement concernant la prise en compte du coefficient de frottement naturellement présent lors d'une verticalisation sur table est extrapolable, l'exactitude des valeurs retrouvées lors de cette étude ne peut s'appliquer qu'au même type de revêtement présent sur la table de verticalisation utilisée pour notre étude (empruntée au centre de réadaptation de LAY ST CHRISTOPHE en Lorraine).

Au cours des mesures, nous avons observé un léger ressaut vers 70° d'inclinaison, ce qui majorait le déséquilibre observé lors des derniers degrés et limitait l'inclinaison maximale de la table à 87°. En conséquence pour les valeurs obtenues à l'inclinaison maximale de 90° pour les séries « bipodal » et « unipodal », nous avons pris les valeurs théoriques attendues pour pouvoir effectuer les statistiques.

Une autre source d'erreurs pourrait être d'origine mécanique puisque le pèse-personne utilisé pour l'étude était un pèse-personne mécanique qu'il fallait tarer entre la prise du poids pré test et la pose du pèse-personne sur les repose-pieds de la table de verticalisation. En effet la tare était manuelle via une molette peu précise, cependant la précision à 0,5kg près du pèse-personne a permis de ne pas avoir de résultats trop incohérents.

Il existe également un biais lié au protocole : en effet, la reproductibilité du réglage des sangles était le fait de pouvoir passer les doigts en dessous de la sangle double jusqu'aux articulations métacarpo-phalangiennes et de passer la main jusqu'à la styloïde radiale sous la sangle triple. Pour avoir un serrage des sangles reproductible il aurait fallu inclure dans le protocole un moyen quantitatif de contrôler la pression sous les sangles. Cependant, en pratique, lorsque la verticalisation sur table nécessite des sangles, le professionnel ne

contrôlera pas la pression exercée par les sangles ; notre étude avait comme prérogative de se rapprocher le plus possible de la réalité et d'en tirer des conclusions applicables en toutes situations.

6.4. Application kinésithérapique

Il est bien évident que le coefficient de frottement pour le calcul d'appui partiel lors de la verticalisation d'un patient doit être pris en compte pour une reprise d'appui comme pour une verticalisation progressive post-alitement.

L'utilisation de la table de verticalisation est souvent associée à la seule ambition de remettre un patient, en condition d'alitement forcé ou non, debout. La table de verticalisation ne peut être utilisée qu'à cette seule fin ; nous nous devons de voir un panel plus élargi de possibilités de rééducation sur la table de verticalisation et imaginer des exercices de posture, de renforcement musculaire, proprioceptifs, de rééducation à la marche, et même un outil diagnostique de rétroimpulsion chez la personne âgée comme l'a démontré dans son étude J. BODINIER lors d'une conférence au CIFEPK 2012.

7. CONCLUSION

Le kinésithérapeute tient une place importante lors de la rééducation de patient ayant subi un alitement prolongé. La verticalisation, peu importe le moyen utilisé, occupe une place prépondérante et reste une étape difficile mais importante dans la période de convalescence du patient. La table de verticalisation est un moyen trop souvent délaissé par les équipes de rééducation et parfois utilisée comme dernier recours.

Bien que cette étude ne soit pas exempte de biais inévitables, les résultats obtenus sont quant à eux sans équivoque et montrent de manière transparente la place des frottements lors d'une verticalisation. Sans être une critique de la précédente étude menée en 1989, il était intéressant de renouveler l'expérimentation, effectuée par P.TERNON, L.COQUISART, G.PENINO [13], avec du matériel moderne.

Les valeurs trouvées au cours des deux études sont suffisamment significatives pour prendre en compte le facteur « frottement », ignoré par la formule mathématique, lors de l'utilisation de la table de verticalisation en rééducation. Compte tenu des différences de coefficient de frottement liées au matériel et son revêtement, la solution qui semble être la plus simple, la plus exacte mais également la plus onéreuse serait d'intégrer à chaque table de verticalisation (au niveau des repose-pieds), un pèse-personne pour s'assurer de l'exactitude du poids soumis au patient.

Cependant, l'utilisation de la table de verticalisation mériterait une nouvelle orientation pour une utilisation plus régulière dans de nombreuses pathologies.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] **ENJALBERT M., GARROS J.C., CAZALET G.** La verticalisation. In **ENJALBERT M.** Aides techniques et matériel d'assistance en gériatrie. Paris : Masson, 2002. p. 147 - 153
- [2] **ETIENNE JC, GARROS J.** Pourquoi verticaliser ? In **SIMON L., PELISSIER J, HERRISSON C.** Progrès en médecine physique et de réadaptation. Paris : Masson, 1998. p. 144 – 149. 2^e
- [3] **VUILLEUMIER L., PELUS R., NEWMAN C. H., et al.** Verticalisation précoce de l'enfant avec paralysie cérébrale. 2009.
<http://ergotherapeute.ch/media/documents/CLE%202009%20-%20article%20verticalisation%20precoce%2002.pdf> (page consultée le 24/11/2012)
- [4] **MATHE J.F., PERROUIN-VERBE B., MEVELLEC E., ROME J.** Verticalisation en pathologie neurologique. In **SIMON L., PELISSIER J, HERRISSON C.** Progrès en médecine physique et de réadaptation. Paris : Masson, 1998. p. 167-175. 2^e
- [5] **ENJALBERT M., TINTRELIN I.** Verticalisation en pathologie locomotrice. In **SIMON L., PELISSIER J, HERRISSON C.** Progrès en médecine physique et de réadaptation. Paris : Masson, 1998. p. 180 – 184. 2^e
- [6] **LACERT P.** Verticalisation de l'enfant handicapé. In **SIMON L., PELISSIER J, HERRISSON C.** Progrès en médecine physique et de réadaptation. Paris : Masson, 1998. p. 157-162. 2^e
- [7] **GUIBAL C., PREZIOSO J., CAILLENS F.** Verticalisation de l'enfant à handicap sévère. In **SIMON L., PELISSIER J, HERRISSON C.** Progrès en médecine physique et de réadaptation. Paris : Masson, 1998. p. 162-167. 2^e
- [8] **CURALLUCCI H., PELLAS F.** Intérêt de la verticalisation chez les cérébro-lésés adultes en phase rééducative et en phase séquellaire. In **PELLAS F., LAFFONT I., GELIS A., PELISSIER J.** Neuro-orthopédie des membres après cérébrolésion grave.

Paris : Elsevier-masson, 2009. p.165-170. Problème en médecine de rééducation ; n°56.

- [9] **CALARD-MOREAU G., MOREAU D.** La verticalisation de l'hémiplégique par l'utilisation d'un plan incliné. Ann. Kinésither., 1978, 5, p. 297-303.
- [10] **EYBERT-BERARD J., LENOIR I., et col.** Les appareillages de verticalisations chez l'infirme moteur d'origine cérébrale. Le journal de l'orthopédie. 2001, vol 4, p.527-531.
- [11] **BOUGARD P.M.** Devenir des moyens de verticalisation du paraplégique et du tétraplégique. 1993. 83p. Mémoire diplôme universitaire d'appareillage des handicapés moteurs : Nancy
- [12] **ELAM B.D.** Calculating weight bearing on a tilt table. Physical Thérapy, 1976, vol. 56, n°5, p. 272-273
- [13] **TERNON P., COQUISART L., PENINOUE G.** Le plan incliné : Quelle charge sur les pieds ? Ann. Kinésithér., 1989, t. 16, n° 9, p. 419 - 421
- [14] **GIRAUDET G.** Biomécanique humaine appliquée à la rééducation : Machines simples. Paris : Masson (Monographie de l'école de cadres de kinésithérapie de Bois-Larris), 1976. 90p. ISBN 2.225-44847.7
- [15] **GRASSET N.** Appui partiel et remise en charge progressive, chez l'adulte à quoi se fier ? 2010. 43p. Mémoire D.U. appareillage des handicapés moteurs : Nancy
- [16] **SHELDON M.R.** Comparison of two methods for calculating percent body weight on a tilt table. JOSPT, 1994, vol.19, 1, p. 18-21
- [17] **GOYE B.** Moyens techniques de verticalisation. KS. 1982, n°204, p. 13-32
- [18] **GENOT C., NEIGER H., LEROY A., PIERRON G., DUFOUR M., PENINOUE G.,** Kinésithérapie principes (Tome 1) : Kinésithérapie active. 1^e éd. Paris : Flammarion, 1983. 152p. ISBN 2-257-10953-8

- [19] **GARROS J.C., MORINEAU M.C.** La verticalisation précoce en gériatrie. Ann. Kinesithér., 1990, t. 17, n°4, p.189-194
- [20] **KRELIL Y., LUREAU I.** Prise en charge kinésithérapique en EHPAD. 2005. 23p. DIU de formation à la fonction de médecin coordonnateur en EHPAD : Paris
- [21] **R.BOINI, F. SAGNARD, M. TENETTE** – Une motorisation pour verticaliser les patients au « standing ». Ann. Kinésithér., 1994, t. 21, n°3, p. 169 – 172
- [22] **SAUTREUIL P.** Les appareils de verticalisation. Techni Media, 1995, n° 65, p. 6 – 7
- [23] **DEMAUGE S., LAPEYRE-GROS F.** Matériels d'aide à la verticalisation. In **PELISSIER J, HERISSON C.** Progrès en médecine physique et de réadaptation. Paris : Masson, 1998. p. 150-156
- [24] **RICOME JP.,** Le fauteuil verticalisateur « vivre debout ». 1985. 13p. Mémoire école de cadre de santé : Montpellier
- [25] **WEISSLAND TH., BEUREY L., CORBILLON S., ZEROUALI J., DIRSONL.** Séances de reprise d'appui en balnéothérapie. KS, 2011, n°520, p. 59-61
- [26] **RABOURDIN J.P. RIBEYRE J.P.** La rééducation en gériatrie. 1. Paris : Lab. Roussel, 1980. 79p. Réf. 5-1-79
- [27] **KEMOUN G., WATELAIN E., CARETTE P.** Hydrokinésithérapie. EMC (Elsevier SAS, Paris), Kinésithérapie-médecine physique-Réadaptation, 26-140-A-10, 2006
- [28] **CHAVANEL R.** Rappels de trigonométrie. In **CHAVANEL R.** Bases mécaniques élémentaires de la biomécanique. Paris : SPEK, 1980. p. 5. Cahier de formation continue du kinésithérapeute.
- [29] **GIRAUDET G.** Biomécanique humaine appliquée à la rééducation : Les frottements. Paris : Masson (Monographie de l'école de cadres de kinésithérapie de Bois-Larris), 1976. 90p. ISBN 2.225-44847.7

- [30] **CHAVANEL R.** Forces extérieures. In **CHAVANEL R.** Bases mécaniques élémentaires de la biomécanique. Paris : SPEK, 1980. p. 11-27. Cahier de formation continue du kinésithérapeute.
- [31] **ANDREW P.D.** More on Calculating weight bearing on a tilt table. Physical Therapy. 1976, vol. 56, n°11, p. 1287-1288
- [32] **BANDY J.** Weight bearing on a tilt table. Physical Thérapy, 1976, vol. 56, n°9, p. 1051

Autre référence :

BODINIER J. : Conférence CIFEPK 2012, Essai d'utilisation d'une table de verticalisation pour évaluer la verticale subjective chez des patients souffrant d'un syndrome de désadaptation psychomotrice.

ANNEXES

ANNEXE I :

Formulaire de consentement de participation à l'étude

ANNEXE II :

Questionnaire pré et post test.

ANNEXE III :

Statistiques détaillées par angle en fonction des séries d'inclinaison

ANNEXE IV :

Comparaisons post-hoc pour chaque angle d'inclinaison

ANNEXE 1 :

Formulaire de consentement de participation à l'étude

Consentement de participation

Je soussigné(e)..... atteste sur l'honneur participer volontairement à l'étude effectuée par M. Yannick PAGIS, sous la direction de Mr Roland BRAUN, masseur-kinésithérapeute diplômé d'état.

Je reconnais avoir eu toutes les informations sur le protocole de l'étude, à savoir :

- que cette étude a pour but de vérifier la fiabilité de la formule de biomécanique permettant de calculer l'appui partiel en fonction de l'angle d'une table de verticalisation,
- qu'aucune indemnité ne sera versée,
- que je pourrai dans l'avenir vérifier les données et leur destruction ultérieure,
- je reconnais avoir pu poser toutes questions à l'examineur,
- je suis informé(e) que ma participation est libre et que je peux quitter l'étude à tout moment,
- mon consentement ne décharge pas les organisateurs de la recherche de leurs responsabilités,
- les données qui me concernent resteront strictement confidentielles. Je n'autorise leurs consultations que par les personnes participant à la recherche,
- je pourrai à tout moment demander toute information complémentaire.

Fait à le

Yannick PAGIS

Signature du participant, précédée

Signature :

de la mention « lu et approuvé »

ANNEXE II :

Questionnaire pré et post test.

Questionnaire

(Rayer les mentions inutiles)

I) Avant la mesure

1) Sexe : Masculin Féminin

2) Âge : Ans

3) Taille : cm

4) Poids : kg

5) Quelle est votre latéralité ? Droite Gauche

6) Quelle est votre pied d'appel ? Droit Gauche

(Celui avec lequel vous prenez une impulsion)

I) Après la mesure

7) Avez-vous ressenti des vertiges pendant les mesures ? OUI NON

8) Avez ressenti des sensations particulières au cours des mesures ?

Lesquelles :

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

9) Un commentaire ?

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

ANNEXE III :

Statistiques détaillées par angle en fonction des séries d'inclinaison

Les valeurs sont en kilogrammes(Kg).

| | Angle | Moyenne | Ecart-type | Maximum | Minimum |
|------------------------|-------|---------|------------|---------|---------|
| Poids des participants | | 71,14 | 9,30 | 97 | 56 |
| Bipodal sans sangle | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 10 | 8,01 | 1 ,36 | 12 | 5 |
| | 20 | 17,34 | 2,30 | 23 | 12 |
| | 30 | 27,29 | 3,27 | 35 | 20 |
| | 40 | 37,39 | 4,97 | 49,5 | 29 |
| | 50 | 46,86 | 5,60 | 61 | 36 |
| | 60 | 54,83 | 6,78 | 71,5 | 43,5 |
| | 70 | 61,90 | 8,16 | 84,5 | 51 |
| | 80 | 68,03 | 8,76 | 92 | 54,5 |
| | 90 | 71,14 | 9,30 | 97 | 56 |
| Unipodal sans sangle | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 10 | 7,81 | 1,16 | 11 | 6 |
| | 20 | 17,31 | 2,42 | 23 | 11 |
| | 30 | 27,05 | 3,42 | 33 | 19,5 |
| | 40 | 37,69 | 4,91 | 46 | 29 |
| | 50 | 46,86 | 5,39 | 56 | 37 |
| | 60 | 55,01 | 6,20 | 68,5 | 44 |
| | 70 | 62,69 | 8,01 | 85,5 | 49 |
| | 80 | 68,79 | 8,80 | 93,5 | 54,5 |
| | 90 | 71,14 | 9,30 | 97 | 56 |
| Bipodal avec sangles | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 10 | 7,20 | 1,59 | 11,5 | 4,5 |
| | 20 | 15,54 | 3,13 | 26,5 | 11,5 |
| | 30 | 24,44 | 4,26 | 39 | 17 |
| | 40 | 33,29 | 5,16 | 47,5 | 24,5 |
| | 50 | 41,79 | 6,13 | 60 | 31 |

| | | | | | |
|--------------------------|----|-------|------|------|------|
| | 60 | 48,84 | 6,57 | 69 | 37 |
| | 70 | 54,47 | 7,73 | 79 | 41 |
| | 80 | 59,34 | 8,06 | 84 | 46,5 |
| | 90 | 62,12 | 8,66 | 85,5 | 48 |
| Unipodal avec sangles | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 10 | 6,64 | 1,42 | 10,5 | 4 |
| | 20 | 14,67 | 2,84 | 23,5 | 9 |
| | 30 | 23,06 | 3,65 | 34 | 15 |
| | 40 | 31,61 | 4,94 | 45,5 | 20 |
| | 50 | 38,97 | 5,37 | 52,5 | 26 |
| | 60 | 45,92 | 6,26 | 64 | 32,5 |
| | 70 | 51,22 | 6,75 | 70,5 | 37 |
| | 80 | 55,43 | 7,17 | 74,5 | 40,5 |
| | 90 | 57,55 | 7,40 | 78 | 44 |

ANNEXE IV :

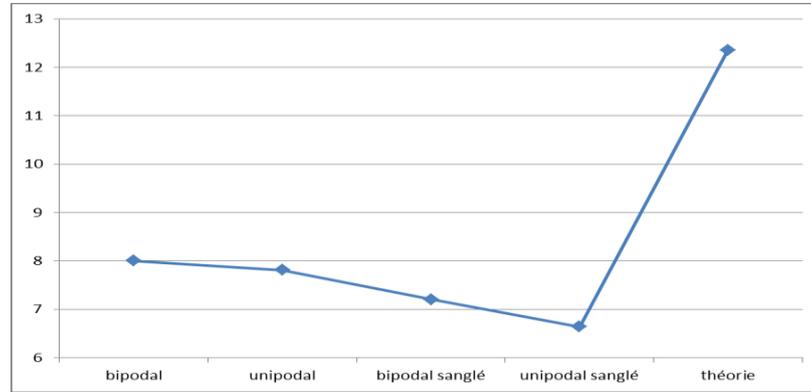
Comparaisons post-hoc pour chaque angle d'inclinaison

Légende : **Significatif**

A tendance significative

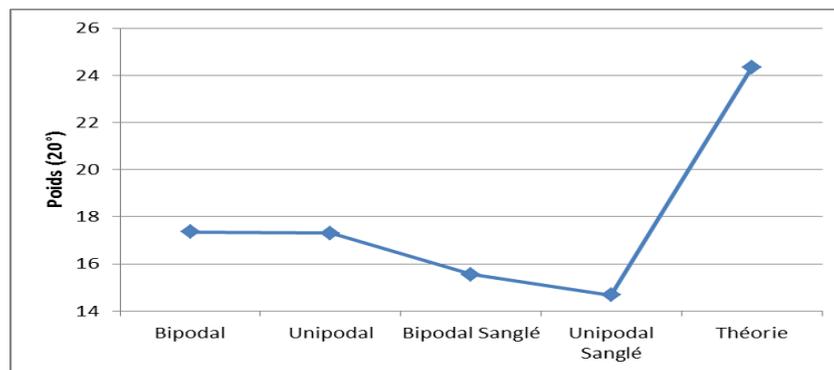
Non significatif

10°)



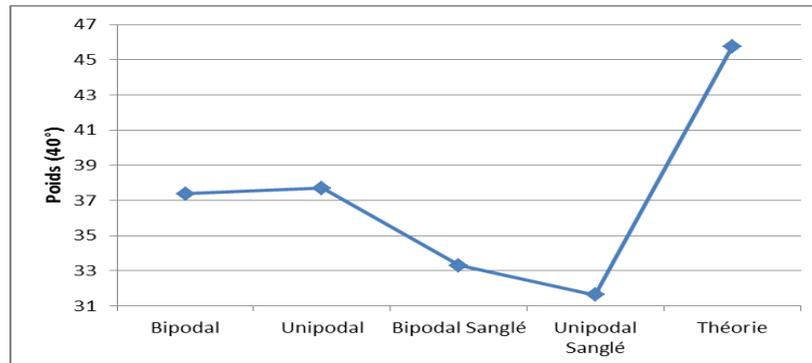
| | Bipodal | Unipodal | Bipodal sanglé | Unipodal sanglé | Théorique |
|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------|
| moyenne | 8 | 7,807693 | 7,205128 | 6,641026 | 12,35351 |
| Bipodal | | <u>0,876362</u> | 0,000802 | 0,000017 | 0,000017 |
| Unipodal | <u>0,876362</u> | | 0,023878 | 0,000017 | 0,000017 |
| Bipodal sanglé | 0,000802 | 0,023878 | | 0,041758 | 0,000017 |
| Unipodal sanglé | 0,000017 | 0,000017 | 0,041758 | | 0,000017 |
| Théorique | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 | |

20°)



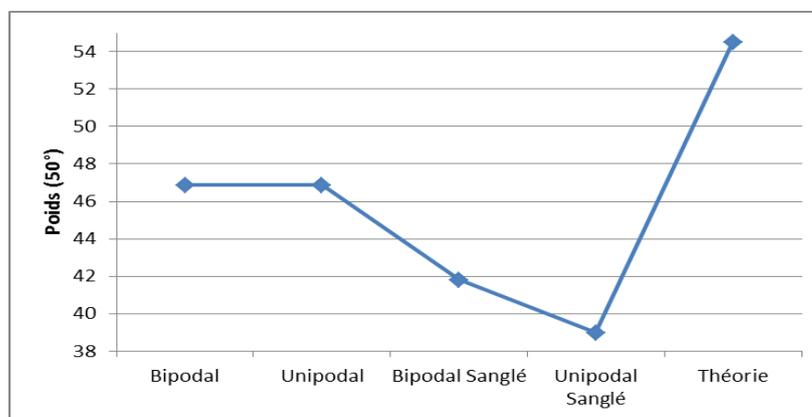
| | Bipodal | Unipodal | Bipodal sanglé | Unipodal sanglé | Théorique |
|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------|
| moyenne | 17,34615 | 17,30769 | 15,55128 | 14,66667 | 24,33166 |
| Bipodal | | <u>0,999974</u> | 0,00003 | 0,000017 | 0,000017 |
| Unipodal | <u>0,999974</u> | | 0,000039 | 0,000017 | 0,000017 |
| Bipodal sanglé | 0,00003 | 0,000039 | | <u>0,121616</u> | 0,000017 |
| Unipodal sanglé | 0,000017 | 0,000017 | <u>0,121616</u> | | 0,000017 |
| Théorique | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 | |

40°)



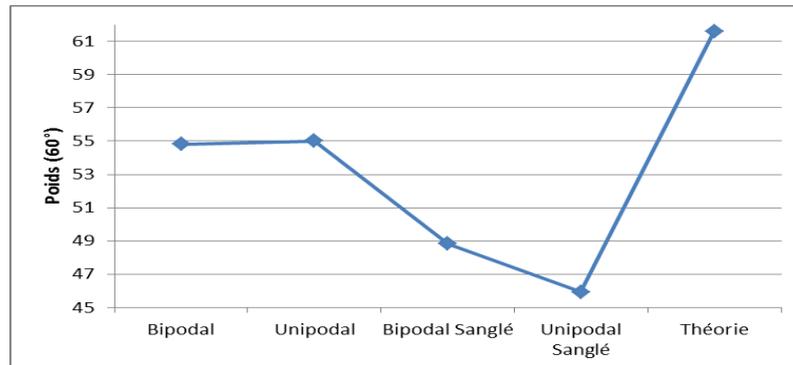
| | Bipodal | Unipodal | Bipodal sanglé | Unipodal sanglé | Théorique |
|-----------------|----------|----------|----------------|-----------------|-----------|
| moyenne | 37,38462 | 37,69231 | 35 | 31,61539 | 45,72857 |
| Bipodal | | 0,998924 | 0,241545 | 0,000023 | 0,000017 |
| Unipodal | 0,998924 | | 0,139649 | 0,000019 | 0,000017 |
| Bipodal sanglé | 0,241545 | 0,139649 | | 0,029569 | 0,000017 |
| Unipodal sanglé | 0,000023 | 0,000019 | 0,029569 | | 0,000017 |
| Théorique | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 | |

50°)



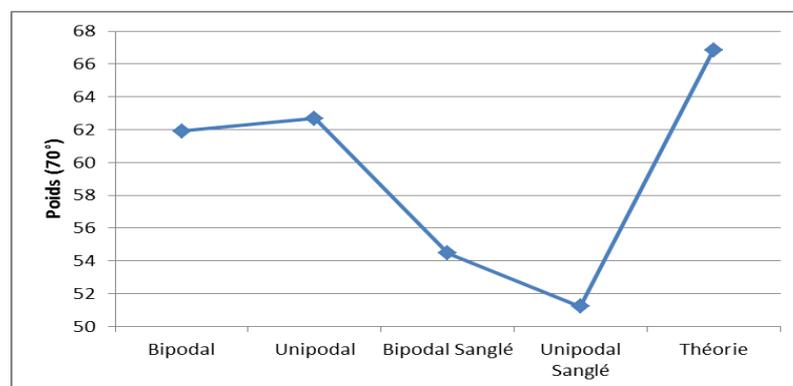
| | Bipodal | Unipodal | Bipodal sanglé | Unipodal sanglé | Théorique |
|-----------------|----------|----------|----------------|-----------------|-----------|
| moyenne | 46,85897 | 46,85897 | 41,79487 | 38,97436 | 54,49719 |
| Bipodal | | 1 | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 |
| Unipodal | 1 | | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 |
| Bipodal sanglé | 0,000017 | 0,000017 | | 0,000018 | 0,000017 |
| Unipodal sanglé | 0,000017 | 0,000017 | 0,000018 | | 0,000017 |
| Théorique | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 | |

60°)



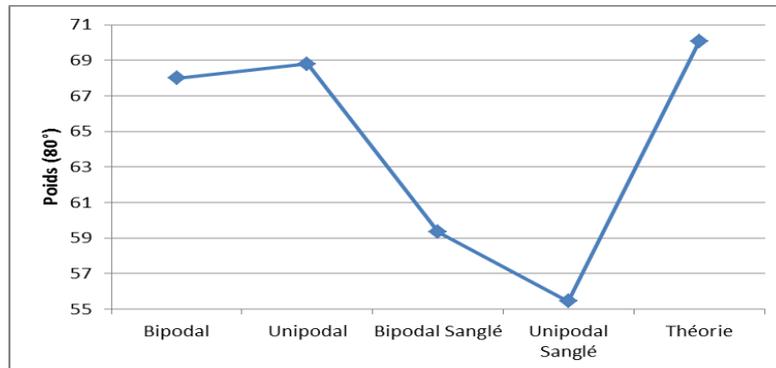
| | Bipodal | Unipodal | Bipodal sanglé | Unipodal sanglé | Théorique |
|-----------------|----------|----------|----------------|-----------------|-----------|
| moyenne | 54,82051 | 55,01282 | 48,83333 | 45,92308 | 61,60994 |
| Bipodal | | 0,99525 | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 |
| Unipodal | 0,99525 | | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 |
| Bipodal sanglé | 0,000017 | 0,000017 | | 0,000017 | 0,000017 |
| Unipodal sanglé | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 | | 0,000017 |
| Théorique | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 | |

70°)



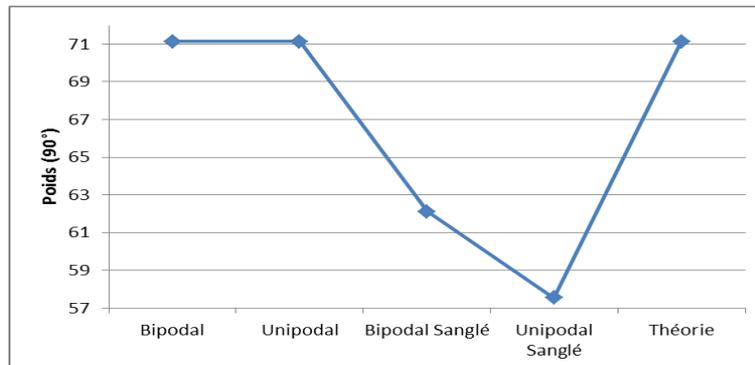
| | Bipodal | Unipodal | Bipodal sanglé | Unipodal sanglé | Théorique |
|-----------------|----------|----------|----------------|-----------------|-----------|
| moyenne | 61,91026 | 62,69231 | 54,46154 | 51,21795 | 66,8507 |
| Bipodal | | 0,538636 | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 |
| Unipodal | 0,538636 | | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 |
| Bipodal sanglé | 0,000017 | 0,000017 | | 0,000017 | 0,000017 |
| Unipodal sanglé | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 | | 0,000017 |
| Théorique | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 | |

80°)



| | Bipodal | Unipodal | Bipodal sanglé | Unipodal sanglé | Théorique |
|-----------------|----------|----------|----------------|-----------------|-----------|
| moyenne | 68 | 68,79487 | 59,33333 | 56,57692 | 70,06023 |
| Bipodal | | 0,931425 | 0,000017 | 0,000017 | 0,234497 |
| Unipodal | 0,931425 | | 0,000017 | 0,000017 | 0,710015 |
| Bipodal sanglé | 0,000017 | 0,000017 | | 0,045055 | 0,000017 |
| Unipodal sanglé | 0,000017 | 0,000017 | 0,045055 | | 0,000017 |
| Théorique | 0,234497 | 0,710015 | 0,000017 | 0,000017 | |

90°)



| | Bipodal | Unipodal | Bipodal sanglé | Unipodal sanglé | Théorique |
|-----------------|----------|----------|----------------|-----------------|-----------|
| moyenne | 71,14103 | 71,14103 | 62,11538 | 57,55128 | 71,14103 |
| Bipodal | | <u>1</u> | 0,000017 | 0,000017 | <u>1</u> |
| Unipodal | <u>1</u> | | 0,000017 | 0,000017 | <u>1</u> |
| Bipodal sanglé | 0,000017 | 0,000017 | | 0,000017 | 0,000017 |
| Unipodal sanglé | 0,000017 | 0,000017 | 0,000017 | | 0,000017 |
| Théorique | <u>1</u> | <u>1</u> | 0,000017 | 0,000017 | |