

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

Étude de la mobilité par double inclinométrie  
du rachis thoracique, dans le plan sagittal.

Mémoire présenté par **Coraline WILD**,  
étudiante en 3<sup>ème</sup> année de masso-kinésithérapie,  
en vue de l'obtention du Diplôme d'État  
de Masseur-Kinésithérapeute.  
2012-2013.

# SOMMAIRE

	Page
RÉSUMÉ	
1.INTRODUCTION .....	1
2.MÉTHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE .....	2
3.RAPPELS ANATOMIQUES ET BIOMÉCANIQUES .....	3
3.1.Rôles des articulations intervertébrales et zygapophysaires .....	3
3.2.Le système ligamentaire et musculaire péri-vertébral thoracique.....	4
3.3.Augmentation de la résistance .....	5
3.4.Les différents rôles du rachis .....	5
3.5.Biomécanique lors des mouvements de flexion/extension du rachis thoracique.....	5
3.5.1.La flexion rachidienne.....	6
3.5.2.L'extension du rachis .....	6
3.6.Mobilité du rachis thoracique.....	6
4.MÉTHODES CLINIQUES POUR APPRÉCIER LA MOBILITÉ DU RACHIS THORACIQUE DANS LE PLAN SAGITTAL.....	7
4.1.Tests non-spécifiques de l'étage dorsal.....	7
4.1.1.Test de la distance doigts-sol.....	7
4.1.2.Test de Schöber étagé.....	8
4.1.3.Test d'Elsensohn .....	8
4.2.Tests spécifiques de l'étage dorsal.....	9
4.2.1.Signes de Ott .....	9
4.2.2.Test de Troisier.....	9
4.2.3.Test de Troisier Inversé ou test de Troisier en extension.....	9
4.2.4.Test du sphinx.....	10
5.LA DOUBLE INCLINOMÉTRIE.....	10
6.PROTOCOLE .....	12
6.1.Objectifs .....	12
6.2.La population .....	12
6.3.Le matériel .....	13

6.4.Réalisation.....	14
7.METHODE.....	14
7.1.Repérage des processus épineux de T1 et T12.....	14
7.2.Mise en place des inclinomètres et lecture.....	15
7.3.Mesure en position debout .....	16
7.3.1.Mesure de l'anté-flexion debout.....	16
7.3.2.Mesure de la post-flexion debout .....	17
7.4.Mesure en position de quadrupédie.....	18
7.4.1.Position de départ .....	18
7.4.2.Prise de mesures .....	18
7.5.Mesure en position assis à califourchon.....	19
7.5.1.Position de départ .....	19
7.5.2.Prise de mesures .....	19
7.6.Mesure en position assis talon-fesse .....	20
7.6.1.Position de départ .....	20
7.6.2.Prise de mesures .....	20
7.7.Mesure en position de sphinx, coudes tendus .....	20
7.7.1.Position de départ .....	21
7.7.2.Prise de mesures .....	21
8.ANALYSE STATISTIQUE DES RESULTATS .....	22
8.1.Caractéristiques anthropométriques de l'échantillon .....	22
8.2.Méthode statistique .....	22
8.3.Résultats .....	23
8.3.1.Résultats des tests pour l'anté-flexion.....	23
8.3.2.Résultats des tests pour la post-flexion .....	24
8.3.3.Comparaison hommes-femmes .....	25
9.DISCUSSION .....	25
10.CONCLUSION.....	29
BIBLIOGRAPHIE	
ANNEXES	

## RÉSUMÉ

Bien que recommandée par l'Association Française pour la Recherche et l'Évaluation en Kinésithérapie (AFREK) pour sa fiabilité et sa reproductibilité, la double inclinométrie est une méthode de mesure encore peu utilisée en France. Principalement décrite pour l'étage rachidien lombaire, elle est peu citée pour l'étage dorsal. En effet, les principaux tests utilisés pour réaliser le bilan dynamique du rachis thoracique sont des tests centimétriques, notamment le test de Troisier.

L'objectif de cette étude est de proposer une **position de mesure** et une norme concernant la **double inclinométrie au niveau thoracique** dans le plan sagittal, en **anté-flexion et post-flexion**. Pour cela, nous avons étudié la population des étudiants de l'Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie (IFMK) de Nancy. Nous avons retenus **53 sujets âgés de 18 à 30 ans**, considérés **sains**. L'évaluation de la mobilité thoracique dans le plan antéro-postérieur est réalisée dans différentes **positions : debout, assis à califourchon, assis talon-fesse, en quadrupédie et en sphinx bras-tendus**. Nous utilisons deux inclinomètres de Rippstein que nous avons modifiés et transposés à l'étage dorsal (en T1 et en T12). Pour chaque position, nous réalisons la mise à zéro des inclinomètres, et nous demandons au sujet de réaliser une anté-flexion, puis une post-flexion. Les valeurs angulaires obtenues sont comparées aux données de la littérature. Les résultats indiquent que les positions de mesures : assis talon-fesse, assis à califourchon pour l'anté-flexion et, assis talon-fesse, en quadrupédie, en sphinx bras-tendus pour la post-flexion, donnent des valeurs statistiquement proches des amplitudes anatomiques de 45° de flexion, et 25° d'extension, pour le rachis thoracique. Les normes que nous proposons pour ce type de population sont : **45° ± 2° en anté-flexion et 21° ± 2° en post-flexion**. Pour cette étude, nous avons réalisé les mesures dans un ordre prédéfini. Une étude randomisée aurait permis d'analyser l'influence de l'ordre et de la répétitivité des mouvements sur les mesures angulaires.

**Mots-clés :** double inclinométrie, rachis thoracique, bilan dynamique, mobilité sagittale.

**Key words :** dual inclinometer, thoracic spine, dynamic balance, sagittal mobility.

## 1. INTRODUCTION

Le bilan diagnostic kinésithérapique (BDK) est un élément essentiel de la pratique professionnelle du masseur-kinésithérapeute. Il permet de proposer un traitement adéquat et adapté aux déficiences et incapacités du patient. Il est tenu à la disposition du médecin prescripteur et sera joint à la demande d'accord préalable (DAP) adressée à la caisse d'Assurance Maladie de l'assuré social [1].

En vue de sa réalisation, le masseur-kinésithérapeute doit établir un bilan le plus représentatif possible du patient. Pour cela, le masseur-kinésithérapeute doit **quantifier** ses observations afin de les rendre **fiables, reproductibles et objectives**. Dans la prise en charge du rachis, un élément essentiel de ce bilan est **l'évaluation de la mobilité**. Elle permet également de suivre l'évolution du patient au cours du traitement [2-4].

Nous avons constaté qu'**il existe peu de tests dynamiques quantitatifs évaluant la mobilité sagittale du rachis thoracique** par comparaison au rachis lombaire et cervical [5]. C'est pourquoi nous avons ciblé, dans le cadre de notre étude, le **rachis thoracique**. C'est un véritable moyen d'union entre la ceinture scapulaire, le rachis cervical, et la ceinture pelvienne. La présence de la cage thoracique rend la courbure dorsale la moins mobile du rachis [6]. C'est probablement une des raisons pour lesquelles, il existe peu de tests de références la concernant. Nous nous sommes attachée à la **mobilité sagittale**, c'est-à-dire aux mouvements d'anté-flexion (ou flexion) et de post-flexion (également nommé extension) dans un plan sagittal autour d'un axe vertical (Annexes I et II).

Après quelques rappels anatomiques, nous exposons les différents tests dynamiques qui s'appliquent à l'étage dorsal. Puis nous proposons la mise en place d'un protocole de mesures par **double inclinométrie**, que nous avons transposé du niveau lombaire vers le niveau dorsal. C'est en effet une méthode de mesure recommandée par l'Association Française pour la Recherche et l'Évaluation en Kinésithérapie (AFREK) [7]. L'objectif de ce protocole est de **mesurer l'anté-flexion et la post-flexion du rachis dorsal**, dans différentes positions de mesures afin de déterminer quelle est la plus adaptée, la plus précise et la plus reproductible. Plusieurs positions sont ainsi testées : debout, en quadrupédie, assis à califourchon, assis talon-fesse et le sphinx bras tendus. Puis nous analysons statistiquement

les résultats obtenus afin de **les comparer aux valeurs anatomiques** (nous permettant de vérifier la validité des mesures effectuées), et de **comparer les positions de mesures entre elles**.

Notre objectif est de **déterminer une position de mesure adaptée et reproductible en double inclinométrie**, en anté-flexion et en post-flexion du **rachis thoracique**. Pour chacune d'elles, **nous proposons une norme** applicable à une population du même type que celle de notre étude, c'est-à-dire une population considérée saine et relativement jeune. Les **53 sujets** retenus sont âgés de 18 à 30 ans et sont étudiants à l'Institut de Formation en Masso-Kinésithérapie (IFMK) de Nancy.

## **2. MÉTHODE DE RECHERCHE BIBLIOGRAPHIQUE**

L'objectif de cette recherche documentaire est de trouver les valeurs angulaires d'anté-flexion et post-flexion données par les anatomistes et biomécaniciens au niveau du rachis thoracique, de rappeler les différents tests qui intéressent le bilan dynamique du rachis dorsal, d'expliquer le fonctionnement de la double inclinométrie, et d'analyser les protocoles et résultats des études précédemment réalisées sur le rachis thoraco-lombaire et/ou en double inclinométrie.

Les recherches bibliographiques ont été réalisées par l'intermédiaire de différentes bases de données électroniques francophones et anglo-saxonnes : Pubmed, PEDro, le site de la «Haute Autorité de Santé» (HAS), Kinédoc, «Kinésithérapie Scientifique» et «Kinésithérapie, la revue».

Les mots-clés utilisés sont :

- pour les bases francophones : bilan dynamique, mobilité sagittale, rachis thoracique, rachis dorsal, double inclinométrie, inclinomètre,
- pour les bases anglo-saxonnes : dynamic balance, sagittal mobility, thoracic spine, dual inclinometer, plurimeter.

Ces recherches ont été complétées par une recherche manuelle dans les Bibliothèques Universitaires (B.U.) de Lorraine de Nancy (B.U. Santé et BU Sciences et techniques), ainsi

qu'à RééDOC (service de documentation de l'institut régional de médecine physique et de réadaptation «Louis Pierquin»). Nos recherches ont également été complétées à l'aide de références bibliographiques figurant dans les documents retenus.

### 3. RAPPELS ANATOMIQUES ET BIOMÉCANIQUES

Le rachis de l'Homme constitue l'axe médian et le soutien du corps. Il est situé à la partie dorsale du tronc. C'est un ensemble polyarticulé qui assure l'union mécanique et fonctionnelle entre la ceinture scapulaire (par l'intermédiaire de la cage thoracique), la tête et la ceinture pelvienne (par l'intermédiaire du rachis lombaire). Il assiste également la fonction respiratoire. Rectiligne dans le plan frontal, il présente des courbures dans le plan sagittal.

La colonne vertébrale est composée de 24 vertèbres mobiles : 7 vertèbres cervicales, **12 thoraciques** et 5 lombaires, auxquelles s'ajoutent : 5 vertèbres sacrées soudées entre elles (constituant le sacrum), et en moyenne 3 coccygiennes (parfois 5) qui forment un os unique : le coccyx [6]. (Annexe I)

Ces os courts sont reliés entre eux par deux types d'articulations :

- en avant, les corps vertébraux de deux vertèbres adjacentes forment une **amphiarthrose**, par l'intermédiaire d'un fibrocartilage biconvexe, le **disque intervertébral**. Ce dernier joue un double rôle : articulaire au sein de l'axe rachidien, et d'amortisseur.
- en arrière, les **articulations inter-apophysaires** (ou **zygapophysaires** ou **articulaires postérieures**) unissent les processus articulaires supérieurs et inférieurs de deux vertèbres adjacentes. Ainsi, nous comptons 4 **arthrodies** par vertèbre [8] (Annexe III).

#### 3.1. Rôles des articulations intervertébrales et zygapophysaires

Le rachis a un rôle à la fois de **stabilité** (rigide et résistant) et de **mobilité** (souple et flexible).

Le disque intervertébral est composé de deux structures différenciables macroscopiquement : l'*Annulus Fibrosus* (anneau fibreux périphérique) et le *Nucléus*

*Pulposus* (noyau pulpeux central). Microscopiquement indifférenciables, ce sont des structures hydrophiles qui travaillent en compression entre les plateaux vertébraux. **Le disque est précontraint**, ce qui lui confère ses propriétés **d'amortisseur et de répartiteur des contraintes** et donc **d'auto-stabilité** du rachis. L'axe rachidien est composé de **23 disques** (absence de disque entre la boîte crânienne et C1, entre C1 et C2). En fonction du niveau rachidien, les disques n'ont pas la même épaisseur. En effet, plus la charge supportée est importante, plus l'épaisseur du disque doit être élevée. Mais leur mobilité entre également en compte. Ainsi au niveau thoracique, où la mobilité est la plus faible, **l'épaisseur relative du disque est de 1/5** par rapport à la hauteur du plateau vertébral. En cervical, où la mobilité est importante, elle est de 2/5. En lombaire, où les contraintes sont les plus fortes, elle est de 1/3 [8, 9].

**Les articulaires postérieures ont un rôle de stabilité.** Au niveau thoracique, les processus articulaires supérieurs sont concaves et regardent en haut, en arrière et légèrement en dehors ; alors que les inférieurs, convexes, sont inversement orientés. Ces arthroïdes sont contenues dans un plan oblique à 60° par rapport à l'horizontale. La capsule articulaire, dense et élastique, limite les mouvements sans augmenter les tensions [10, 11].

Un **trépied**, composé de l'amphiarthrose (permettant la mobilité vertébrale) et des arthroïdes (limitant et conditionnant le mouvement), est ainsi formé. Il permet des mouvements dans les trois dimensions de l'espace, à savoir : flexion/extension, inclinaison et rotation. Ces articulations sont renforcées par des ligaments et des muscles.

### 3.2. Le système ligamentaire et musculaire péri-vertébral thoracique

Cet ensemble ligamentaire se compose d'un double système :

- un **système longitudinal, continu** formé par le ligament longitudinal antérieur (LLA), le ligament longitudinal postérieur (LLP), et le ligament supra-épineux ;
- un **système discontinu** formé par les ligaments jaunes, les ligaments inter-épineux et les ligaments inter-transversaires [6,10] (Annexe I).

De même, deux groupes musculaires occupent cet espace :



- les **muscles profonds**, dits «**érecteurs du rachis**» ou **spinaux** composés des groupes musculaires : sacro-épineux (ilio-costal, longissimus, épineux du thorax), splénus (de la tête et du cou), inter-transversaires, inter-épineux, semi-épineux de la tête, transversaires-épineux (rotateurs et multifides),
- les **muscles superficiels** formés par : le trapèze, le grand dorsal, les petit et grand rhomboïdes, le petit dentelé postéro-supérieur et le petit dentelé postéro-inférieur [6, 8].

### 3.3. Augmentation de la résistance

Chez l'être humain, la bipédie a imposé une adaptation du rachis aux contraintes qu'il subit. Ainsi au cours de l'ontogénèse, les courbures rachidiennes apparaissent. D'une **courbure primaire en cyphose dorsale** à la naissance, à une bi-courbure avec une **lordose cervicale** lorsque l'enfant tient sa tête, puis l'acquisition d'une **lordose lombaire** lors du passage à la bipédie, le rachis humain parvient ainsi à **3 courbures**. Ce qui lui permet d'augmenter sa résistance de 2 à 10. En effet, «les courbures d'une colonne augmentent sa résistance (R) proportionnellement au carré du nombre de courbures (N) plus un». Ce qui correspond à :  $3^2+1=10$  d'après la formule d'Euler ( $R=N^2+1$ ) [8, 12].

### 3.4. Les différents rôles du rachis

La principale vocation du rachis est sa **stabilité**. Elle permet à la colonne vertébrale de **soutenir la charge de la moitié du corps** et donc la **verticalisation**. Mais sa **mobilité** est indispensable à l'orientation tri-dimensionnelle de la tête et des membres. De plus, il joue un rôle important de protection du névraxe médullaire. Au niveau thoracique, il protège les organes vitaux, tels que le cœur et les poumons, par l'intermédiaire de la cage thoracique. Comme nous l'avons noté précédemment, le rachis est un véritable point d'amarrage musculaire [6].

### 3.5. Biomécanique lors des mouvements de flexion/extension du rachis thoracique

Ces mouvements se passent dans le **plan sagittal** (Annexe II). Ainsi, un mouvement vers l'avant est qualifié d'**anté-flexion** ou flexion, alors que la **post-flexion** ou extension est un déplacement vers l'arrière. Les centres instantanés de rotation siègent au niveau des disques intervertébraux.

### 3.5.1. La flexion rachidienne

C'est un mouvement qui accentue la cyphose dorsale et inverse les lordoses cervicale et lombaire.

Lors d'un mouvement de flexion, le plateau de la vertèbre sus-jacente s'incline vers l'avant. Ceci génère une compression du disque inter-vertébral en avant, entraînant la chasse du nucléus vers l'arrière afin d'augmenter la pression intranucléaire sur les fibres postérieures de l'annulus. Simultanément, les articulaires postérieures divergent et l'ensemble des structures fibreuses de l'arc postérieur (capsule articulaire, ligament jaune, ligament inter-épineux, ligament supra-épineux) est étiré [6, 9] (Annexe II).

Le mouvement d'anté-flexion est réalisé du crânial vers le caudal. Le sujet commence par enrayer la tête, puis le rachis cervical, le rachis dorsal, les lombaires et les coxo-fémorales.

### 3.5.2. L'extension du rachis

C'est un mouvement qui accentue les lordoses cervicale et lombaire et inverse la cyphose dorsale.

Lors d'un mouvement d'extension, le plateau de la vertèbre sus-jacente s'incline vers l'arrière. A l'inverse de ce qui se produit lors d'une flexion, le disque est comprimé en arrière et le nucléus est chassé vers l'avant. Les articulations zygapophysiales convergent, détendant les structures fibreuses postérieures. Le ligament inter-épineux est en compression et amortit le mouvement, alors que les processus épineux se rapprochent [6, 9] (Annexe II).

La post-flexion est un mouvement caudo-crânial qui débute en lombo-pelvien, pour se terminer par une post-flexion de la tête. «Un sujet jeune et souple peut faire le pont» d'après Kapandji A.I. [8].

## 3.6. Mobilité du rachis thoracique

Le rachis dorsal est le niveau rachidien le moins mobile du fait qu'il supporte la cage thoracique (Annexe I). Sa faible mobilité par arthron est compensée par un nombre plus important de vertèbres. La présence de côtes flottantes en T11 et T12 se traduit par une plus grande mobilité au niveau des étages inférieurs [6, 13].

Les amplitudes de flexion/extension du rachis dorsal décrites dans la littérature varient selon les auteurs (tab. I) [3, 7, 9, 14].

**Tableau I : Amplitudes moyennes du rachis thoracique dans le plan sagittal.**

Auteurs Amplitude	Castaing et Santini (1960)	Troisier (1973)	Vanneuille et al. (1980)	Kapandji (1980)	Louis (1982)	Kapandji (2007)	Huteau et al. (2009)
globale	65°	63°	65°	70°	50°	85°	70°
flexion	30°	55°	NC	45°	30°	45°	45°
extension	35°	8°	NC	25°	20°	40°	25°

L'amplitude de flexion varie entre 30° et 55° ( $\neq 25^\circ$ ), celle d'extension entre 8° et 40° ( $\neq 32^\circ$ ), et la mobilité sagittale globale varie de 50° à 85° ( $\neq 35^\circ$ ). Par cette analyse, nous constatons une grande variabilité de mobilité qui peut s'expliquer par la difficulté de déterminer un test angulaire évaluant la mobilité thoracique.

Nous pouvons réaliser une moyenne des valeurs trouvées dans la littérature ; ainsi l'amplitude moyenne de flexion est de 41,6°, celle d'extension est de 25,5°, soit un débattement articulaire moyen de 66,8°.

Nous savons que lorsque le rachis vieillit, il perd de sa souplesse. Cette diminution de mobilité est le fruit d'une diminution de la précontrainte rachidienne [3,8].

#### **4. MÉTHODES CLINIQUES POUR APPRÉCIER LA MOBILITÉ DU RACHIS THORACIQUE DANS LE PLAN SAGITTAL**

Par comparaison au rachis lombaire et cervical, il existe un nombre restreint de tests évaluant la mobilité du rachis thoracique. Les tests principaux sont centimétriques et basés sur la corrélation entre souplesse rachidienne et mobilité cutanée [14]. Nous décrivons ci-dessous les principaux tests utilisés.

##### **4.1. Tests non-spécifiques de l'étage dorsal**

###### **4.1.1. Test de la distance doigts-sol**

*Mesure centimétrique de la mobilité du rachis thoraco-lombaire en flexion.*

Le patient est debout, les genoux en extension. Il se penche en avant et essaie de toucher le sol, les membres supérieurs tendus. Pour cela, il commence à enrayer sa tête, puis l'ensemble de son rachis dans le sens crânio-caudal. Nous mesurons la distance entre l'extrémité distale

du majeur et le sol. Une appréciation subjective du niveau (genou, milieu du tibia, cheville, orteils, sol) atteint par les doigts, peut remplacer la mesure centimétrique [8, 15].

Certains réalisent ce test, en plaçant le sujet sur un socle en bois muni d'une planche antérieure sur laquelle sont fixés des mètres rubans. Ils toisent la hauteur des majeurs par rapport à la plaque fixée au socle. Si le sujet n'atteint pas le socle, la mesure est positive ; s'il dépasse le haut du socle, elle est négative [16, 17].

C'est un test fiable en intra et inter-examineur [18]. Il évalue la mobilité globale du corps en flexion. Il combine à la fois la mobilité du rachis, et celle des articulations coxo-fémorales qui peuvent compenser une raideur rachidienne. De plus, **la souplesse de l'ensemble de la chaîne postérieure entre en jeu** (notamment l'**extensibilité des ischio-jambiers**, gastrocnémiens, des fascias postérieurs...) [14, 15, 19-21].

#### 4.1.2. Test de Schöber étagé

*Mesure centimétrique de la mobilité en flexion du rachis thoraco-lombaire par l'intermédiaire de repères cutanés. Ce test concerne l'étagé dorsal à partir du second niveau de mesure.*

Le premier repère est placé 10 cm au-dessus d'une ligne joignant les deux épines iliaques postéro-supérieures (EIPS), dans l'axe de la colonne vertébrale. Les repères suivants sont placés tous les 10 cm en direction crâniale, jusqu'au dernier repère prenant en compte le rachis dorsal uniquement. Ainsi, 4 ou 5 «étages» sont définis selon la taille du sujet. Puis nous demandons au sujet les mêmes consignes que précédemment. L'augmentation de la distance entre les repères s'atténue progressivement à mesure que l'on se rapproche des cervicales [22, 23]. La norme est de + 5 cm, + 2 cm, + 1,5 cm, + 1 cm, + 0,5 cm.

#### 4.1.3. Test d'Elsensohn

*Mesure centimétrique de la mobilité en extension du rachis thoraco-lombaire.*

Le sujet est placé face à un mur, les épines iliaques antéro-supérieures (EIAS) restent au contact de celui-ci lors du mouvement. Pour plus d'assurance de la personne lors de la mesure, le thérapeute plaque son genou à la face postérieure du bassin du sujet, son pied étant en appui sur une chaise. Nous mesurons la **distance entre la fourchette sternale et le mur** à l'aide d'un mètre ruban ou d'un réglet. Il n'existe aucune norme [21, 25].

## 4.2. Tests spécifiques de l'étage dorsal

### 4.2.1. Signe de Ott

*Mesure centimétrique évaluant la capacité du rachis dorsal à se déployer dans le plan sagittal.*

Le patient est debout, le thérapeute marque l'épineuse de C7 et un point distant de 30 cm en direction caudale. Lors d'un mouvement de flexion, cette distance augmente normalement de 2 à 4 cm, et inversement lors de l'extension, elle diminue de 1 à 2 cm [19].

### 4.2.2. Test de Troisier

*Mesure centimétrique de la mobilité en flexion du rachis thoracique.*

Le sujet est debout, les bras le long du corps, les pieds écartés d'environ la largeur des épaules. Le thérapeute repère les processus épineux de T1 et T12. Puis il mesure la distance entre les deux repères à l'aide d'un mètre ruban (en général 27 à 30 cm). Le sujet se place ensuite en flexion maximale, tête fléchie et il tente de toucher ses pieds. Cette distance augmente normalement de 3 à 4 centimètres. Une variante de ce test consiste à placer le sujet assis sur un tabouret, et de lui pencher la tête en avant, en le laissant cyphoser au maximum la colonne lombaire [14].

### 4.2.3. Test de Troisier Inversé ou test de Troisier en extension

*Mesure centimétrique de la mobilité en extension du rachis thoracique.*

De la même façon que pour le test de Troisier en flexion, la distance T1-T12 est mesurée **debout**, puis en extension maximale du rachis. Le sujet se tient avec ses membres supérieurs à la table d'examen. Son bassin est au contact de la table pendant tout le test.

Une autre position décrite par Troisier, et faisant appel aux positions de Klapp à quatre pattes, consiste à placer le patient **en quadrupédie, en appui sur ses avant-bras** de telle sorte que : les cuisses soient verticales, le tronc légèrement abaissé, les bras verticaux et les coudes à 90° de flexion. Il doit alors «creuser» son dos au maximum, la pesanteur aidant le mouvement. La prise de mesure est la même que pour le test en flexion.

La norme est une diminution de 1 à 2 cm [14, 15].

#### 4.2.4. Test du sphinx

*C'est un test de réductibilité de la courbure dorsale. Il a une valeur qualitative.*

La personne est placée en procubitus, les pieds en dehors de la table, en appui sur ses avant-bras, la tête en extension. Nous observons la réductibilité de la cyphose dorsale. Si celle-ci ne se réduit pas, nous sommes en présence d'une hypercyphose dorsale dite «raide». Par opposition, «l'attitude cyphotique» se réduit spontanément lorsque le sujet est placé dans cette position [25] (Annexe V).

## 5. LA DOUBLE INCLINOMÉTRIE

L'inclinomètre est un **instrument de mesure angulaire**. Il en existe deux types : mécanique et électronique. En pratique courante, l'inclinomètre mécanique est le plus utilisé. Contrairement au goniomètre habituellement employé pour quantifier l'amplitude articulaire, **l'inclinomètre est un outil de choix pour quantifier la mobilité sagittale du rachis**. Etalonné sur la base de la constante de gravitation universelle, il indique la verticale quelque soit sa position [26-28].

Le premier prototype du Dr. Rippstein, conçu en 1966, se nommait l'«Hydrogoniometer». À la fin des années 1970, il subit des modifications et devient le «Plurimeter». Il est composé d'une **aiguille lestée indiquant la verticale, d'un cadran rotatif gradué sur 360° et d'un socle** (fig. 1). Il existe d'autres modèles d'inclinomètres. Le «Bubble Inclinometer» est un inclinomètre à bulle, son socle est légèrement arrondi permettant de suivre le relief anatomique (fig. 2). L'inclinomètre «bi-level», modifié par le Dr. Gerhardt, comprend deux petites colonnes réglables et une extension télescopique, offrant une meilleure adaptation aux différentes articulations [28, 29].



Figure 1 : Plurimeter-V ou inclinomètre de Rippstein.



Figure 2 : Bubble Inclinometer.

La double inclinométrie est une méthode de mesure recommandée par l'AFREK pour sa fiabilité, sa reproductibilité en inter et intra-observateur, sa sensibilité aux très petits écarts et sa simplicité d'utilisation [7].

La technique de la double inclinométrie, décrite par Loeb1 et Troup au niveau lombaire, consiste à placer deux inclinomètres : un en S2 et un en T12. La mise à zéro s'effectue en plaçant les inclinomètres sur les épineuses en position de départ. La flexion lombo-pelvienne est mesurée avec l'inclinomètre placé en T12. La flexion pelvienne (dont celle de la coxo-fémorale) est mesurée avec celui placé en S2. Pour connaître la valeur de la flexion lombaire, nous soustrayons la valeur angulaire de S2 à celle mesurée en T12, soit : flexion lombaire = valeur angulaire en T12 – valeur angulaire en S2 [30, 31].

Pour notre étude, nous transposons cette technique au niveau dorsal [16]. Ainsi S2 est remplacé par T12 et T12 par T1. Nous obtenons : flexion thoracique = valeur angulaire en T1 – valeur angulaire en T12. Pour la mesure en extension, les inclinomètres sont placés sur les mêmes épineuses et nous demandons au sujet une post-flexion. Nous avons choisi d'utiliser le «**plurimètre de Rippstein**», pour sa facilité de lecture et d'utilisation. Il peut être tenu et manié d'une seule main [32]. Nous l'avons cependant **modifié afin de créer une encoche au niveau du socle dans laquelle vient se loger l'épineuse**. Pour cela, nous avons ajouté du scotch double face à hauteur de 5 mm de part et autre du socle (fig. 3). Ainsi adapté, il permet en encadrant l'épineuse, de suivre le mouvement du processus épineux lors de la prise de mesure et de rendre l'inclinomètre stable pour une meilleure reproductibilité (fig. 4).



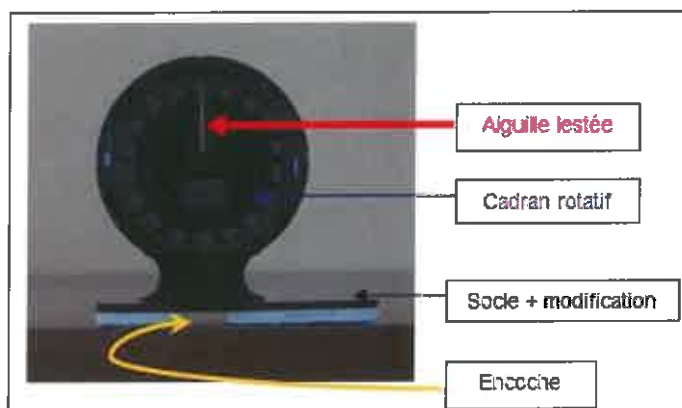


Figure 3 : inclinomètre de Rippstein ou Plurimeter-V.



Figure 4 : encoche de l'inclinomètre.

## 6. PROTOCOLE

### 6.1. Objectifs

Nous souhaitons quantifier de manière angulaire la mobilité du rachis thoracique dans le plan sagittal. Ainsi, nous pouvons **comparer les valeurs obtenues aux valeurs décrites par les anatomistes**. L'objectif, est de **déterminer la position de mesure en double inclinométrie la plus fiable** pour l'anté-flexion. Il en est de même pour la post-flexion. Les positions retenues sont : debout, assis à califourchon, assis talon-fesse, en quadrupédie et la position sphinx bras tendus.

### 6.2. La population

Notre étude porte sur 61 étudiants de l'IFMK de Nancy âgés de 18 à 30 ans. Cette population est composée de 34 sujets féminins et 27 masculins. Seuls les résultats de **53 individus** ont été conservés dans notre étude. Cette **population est considérée saine**, elle ne présente pas de dorsalgie, pas d'hypercyphose dorsale vraie (non réductible), pas de scoliose. La population statistique ainsi formée, a pour moyenne d'âge 21,7 ans, est composée de 58,5 % de femmes pour 41,5 % d'hommes. Elle mesure en moyenne 1,73 m pour 65,8 Kg : soit un IMC moyen de 22. Il s'agit d'une population dynamique pratiquant en moyenne 3 heures d'activités sportives par semaine.



### 6.3. Le matériel

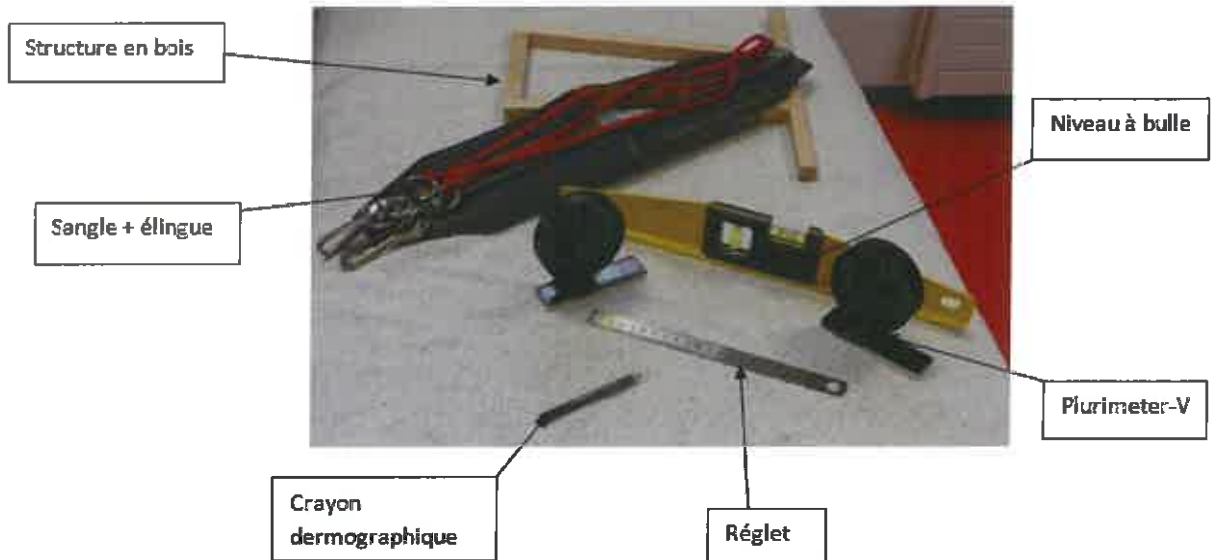


Figure 5 : Matériel utilisé pour l'étude.

- Deux inclinomètres de RIPPSTEIN (fig. 3) modifiés suivant le processus décrit précédemment. Nous plaçons un signe distinctif sur l'inclinomètre utilisé en T1. Ainsi, pour chaque mesure le même inclinomètre est utilisé pour quantifier l'angle en T1.
- Un crayon dermatographique permettant d'identifier les processus épineux de T1 et T12.
- Un espalier auquel nous avons attaché une sangle.
- Une table de kinésithérapie réglable en hauteur permettant une bonne ergonomie pour le masseur-kinésithérapeute.
- Une structure en bois où nous plaçons les pieds du sujet de part et d'autre (fig. 6). Elle permet d'avoir un écartement standard des pieds pour l'ensemble des sujets. Ainsi, l'angle d'ouverture entre les axes des deuxièmes métatarsiens est de  $30^\circ$  (Norme 85 AFP), et l'écart entre les talons est de 15 cm [31].



Figure 6 : position des pieds dans la structure en bois.

- Une fiche d'informations sur les volontaires participant à notre étude (Annexe IV).
- Un niveau à bulle et un réglet.
- Un coussin triangulaire.

#### 6.4. Réalisation

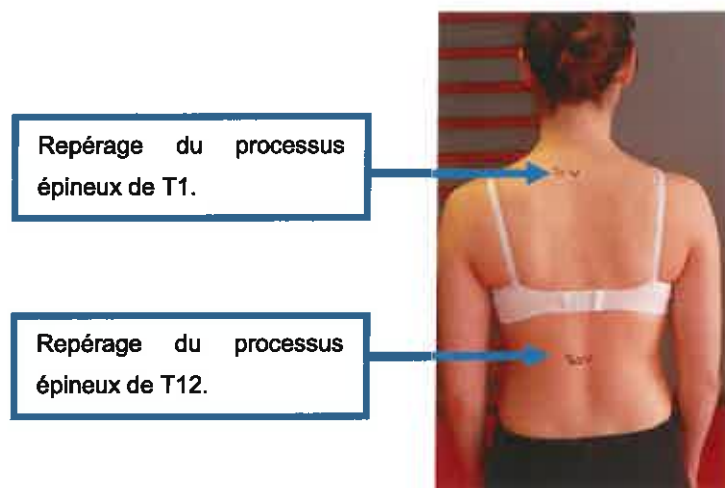
L'étude est réalisée dans une salle de l'IFMK, avec une température ambiante d'environ 23°C. Les étudiants sont invités à y participer sur la base du volontariat. Tout d'abord, nous leur demandons de donner leur accord en signant le formulaire de consentement éclairé et de remplir le questionnaire (Annexe IV). Nous nous assurons qu'ils n'ont pas pratiqué d'activité physique dans les heures précédentes. Puis, il est demandé au participant de se mettre en sous-vêtements afin de le visualiser dans sa globalité et d'éviter toute gêne lors des prises de mesures.

Nous marquons avec le crayon dermatographique, les **épineuses de T1 et T12**. Puis nous réalisons le bilan statique subjectif du sujet en observant notamment ses courbures rachidiennes. A l'aide du niveau à bulle et du réglet, nous prenons les **flèches en T1 et T12** suivant la méthode de Troisier O. [25]. Afin de tester la **réductibilité** de la cyphose dorsale, nous demandons au sujet de se mettre en position de sphinx sur les avant-bras [25] (Annexe V). Puis, le sujet effectue une flexion antérieure globale, nous situons la distance des doigts par rapport aux membres inférieurs (patella, mi-jambe, cou-de-pied ou orteils) et observons le rachis dans sa dynamique [8, 9]. Après ce rapide bilan, nous réalisons les mesures. Pour chaque position de mesures (décrite dans le §6), nous notons la valeur angulaire de flexion en T1 et en T12, puis celles de T1 et T12 en extension. Une fois toutes les mesures réalisées et les valeurs notées, nous effectuons les calculs de la mobilité thoracique comme énoncé précédemment (§4).

## 7. METHODE

### 7.1. Repérage des processus épineux de T1 et T12

Le sujet est debout en attitude spontanée (fig.7).



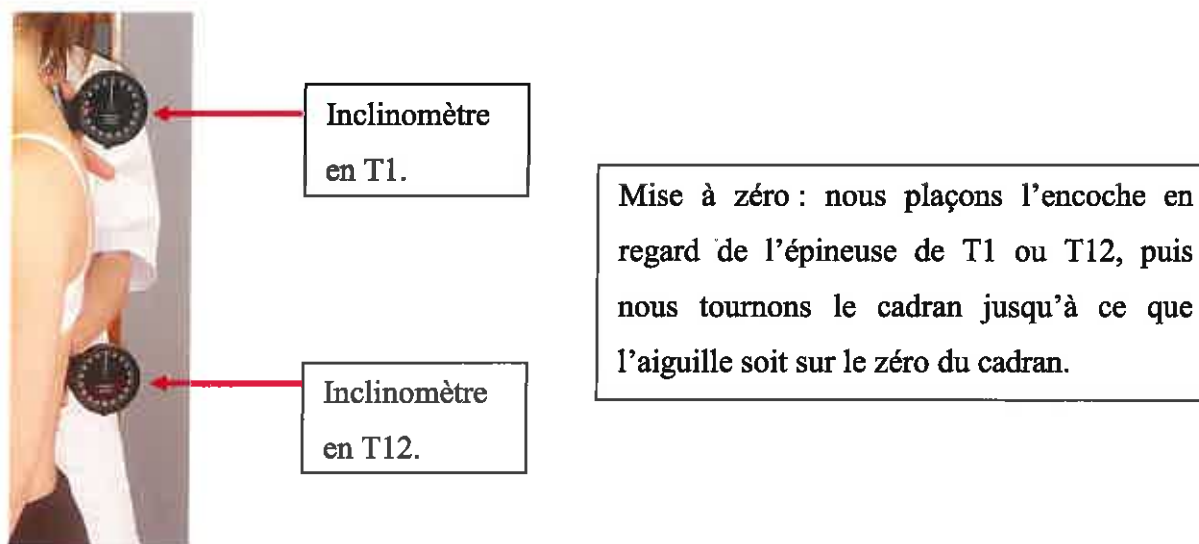
**Figure 7 : repérage des processus épineux de T1 et T12.**

Nous réalisons un marquage cutané à l'aide d'un crayon dermographique en regard du processus épineux de T1. Pour cela, nous repérons tout d'abord l'épineuse de C7. Elle est généralement la plus proéminente et chute en avant lors de la flexion du rachis cervical. Afin de bien distinguer T1 de C7, nous demandons au sujet de réaliser alternativement une rotation de la tête à gauche puis à droite. Nous percevons le mouvement de l'épineuse de C7 qui vient en appui sur nos doigts disposés latéralement. Enfin, nous palpons le processus épineux de T1 qui se situe caudalement par rapport à celui de C7 [33].

Concernant T12, nous repérons l'épineuse de L4. Cette dernière se trouve sur la projection de l'horizontale passant par le sommet de chaque crête iliaque. Nous plaçons la première commissure de chacune de nos mains en regard de ce sommet, puis joignons horizontalement nos pouces qui viennent ainsi palper le processus épineux de L4. Enfin, nous remontons d'épineuse en épineuse depuis L4 jusque T12 [33].

## **7.2. Mise en place des inclinomètres et lecture**

Les plurimètres de Rippstein sont placés en regard des processus épineux de T1 et T12 précédemment repérés. Nous disposons l'encoche au niveau de l'épineuse. Puis, nous réalisons la mise à zéro dans la position de départ (fig. 8). Le sujet réalise le mouvement. L'inclinomètre suit le déplacement du processus épineux lors de la mesure. Afin que la lecture soit toujours réalisée de la même façon, nous nous plaçons dans le plan sagittal, à la gauche du sujet, face aux inclinomètres.



**Figure 8 : mise à zéro des inclinomètres.**

Pour chaque position de mesure, les valeurs angulaires en T1 et T12 sont notées. Lorsque toutes les mesures sont prises, nous soustrayons la valeur obtenue en T1 à celle de T12. Nous reportons cette valeur dans la colonne correspondante du tableau (Annexe IV). La valeur angulaire ainsi obtenue, représente la mobilité du rachis thoracique dans la position correspondante [16].

### **7.3. Mesure en position debout**

La position debout est la plus couramment pratiquée en cabinet libéral pour évaluer la mobilité rachidienne. C'est en effet une position simple à utiliser, que la grande majorité des patients peut prendre et elle permet une bonne appréciation visuelle de la mobilité rachidienne. Cette position est utilisée lors des bilans radiologiques du rachis. C'est également dans cette position que Troisier O. a décrit le test centimétrique en flexion du rachis dorsal portant son nom [14].

#### **7.3.1. Mesure de l'anté-flexion debout**

- Position de départ :

Le sujet est placé debout, pied-nus dans la structure en bois. La mise à zéro des inclinomètres se fait les bras le long du corps, le regard vers l'horizon, en attitude rachidienne spontanée.

- Prise de la mesure :

Nous demandons au sujet de **se pencher en avant en gardant les genoux en extension**, les membres supérieurs sont libres. Nous veillons à ce qu'il débute le mouvement par l'enroulement de la tête et du rachis cervical, puis le segment thoracique et enfin les lombaires et les coxo-fémorales. Une fois les mesures prises, nous nous assurons que le sujet fléchisse ses genoux avant de se redresser afin de prévenir des contraintes trop importantes au niveau des lombaires [14] (fig. 9).

### 7.3.2. Mesure de la post-flexion debout

- Position de départ :

Le sujet est placé face à un espalier, les pieds dans la structure en bois. Nous lui demandons de coller son bassin à l'espalier, et à l'aide d'un système de sangle et d'élingue nous solidarisons le sujet à la structure au niveau des lombaires. Ce système permet à la personne de faire le mouvement sans crainte de chute en arrière (sécurité) et sans avoir à se tenir avec les bras (relâchement des muscles péri-scapulaires et des membres supérieurs) [25, 34] (fig. 10).

- Prise de la mesure :

Le sujet réalise une extension du rachis, son bassin étant maintenu au contact de l'espalier. En fin d'amplitude, nous lui demandons de pencher sa tête en arrière (en post-flexion) (fig. 10).



Figure 9 : mesure debout de l'anté-flexion.



Figure 10 : mesure debout de la post-flexion.

#### 7.4. Mesure en position de quadrupédie

En faisant appel à cette position de Klapp en quadrupédie, Troisier O. estime qu'il obtient «une bonne approximation de l'hyperextension dorsale avec un maximum vers T5», car la pesanteur aide le dos à se creuser [14].

##### 7.4.1. Position de départ

Le zéro de référence est pris sur le sujet en quadrupédie, les pieds en dehors de la table, en appui sur les avant-bras tel que : les hanches, les genoux, les épaules et les coudes soient à 90° de flexion. La tête est placée dans l'axe du corps (fig. 11 & 12).



Figure 11 : position de Klapp en quadrupédie.



Figure 12 : position de départ du test en quadrupédie.

##### 7.4.2. Prise de mesures

- L'anté-flexion :

Depuis la position précédemment décrite, nous demandons à la personne de faire le dos rond, en commençant par enrouler au maximum la tête en flexion (fig. 13-a).

- La post-flexion :

Inversement pour l'extension, il est demandé au sujet de creuser le plus possible son dos au niveau thoracique. Les inclinomètres accompagnent le mouvement des processus épineux. En fin d'amplitude, le sujet est invité à réaliser le maximum d'extension cervicale (fig. 13-b).



Figure 13 : mesures en quadrupédie de a) l'anté-flexion, b) de la post-flexion.



## 7.5. Mesure en position assis à califourchon

La position assis à califourchon offre l'avantage de fixer les lombaires, permettant d'être plus sélectif au niveau du rachis thoracique. «Mellin et coll. recommandent de mesurer la flexion en position assise» [31].

### 7.5.1. Position de départ

Le sujet est assis à califourchon sur la table (au milieu de celle-ci). La prise du zéro de référence se fait, les bras le long du corps, et nous demandons au sujet de «se tenir droit» (fig. 14).

### 7.5.2. Prise de mesures

Les consignes sont les mêmes que pour la position debout concernant l'enroulement du rachis. **Nous demandons et vérifions que le sujet ne décolle pas ses fesses de la table lors de la mesure en flexion.** Pour la mesure en extension, le sujet peut placer ses mains légèrement en arrière du bassin afin de faciliter le mouvement, et nous lui demandons de creuser son dos au maximum au niveau thoracique (serrer les omoplates), tout en réalisant le maximum d'extension cervicale (fig. 14).

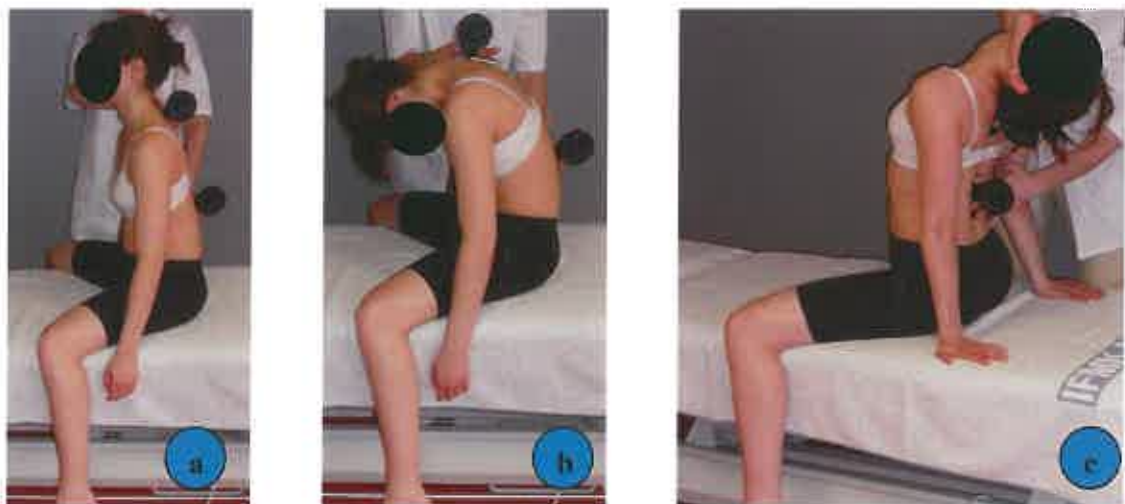


Figure 14 : mesures en assis à califourchon, a) position de départ, b) anté-flexion, c) post-flexion.

## 7.6. Mesure en position assis talon-fesse

La position assis talon-fesse permet de fixer les lombaires en amenant le bassin en rétroversion maximale.

### 7.6.1. Position de départ

Le sujet est assis sur ses talons, avec un coussin triangulaire sous les chevilles pour soulager celles-ci si nécessaire. La position de référence se fait les bras le long du corps, le regard horizontal. Nous plaçons le sujet au milieu de la table, ainsi, lors de la mesure en post-flexion, il se sent en toute sécurité et peut réaliser sans crainte le mouvement (fig. 15).

### 7.6.2. Prise de mesures

Les mouvements demandés sont les mêmes que précédemment. Pour l'anté-flexion, la position du sujet se rapproche de la position genu-pectoral. **Nous veillons à ce que le sujet ne décolle pas les fesses de ses talons lors des mesures** (fig. 15).

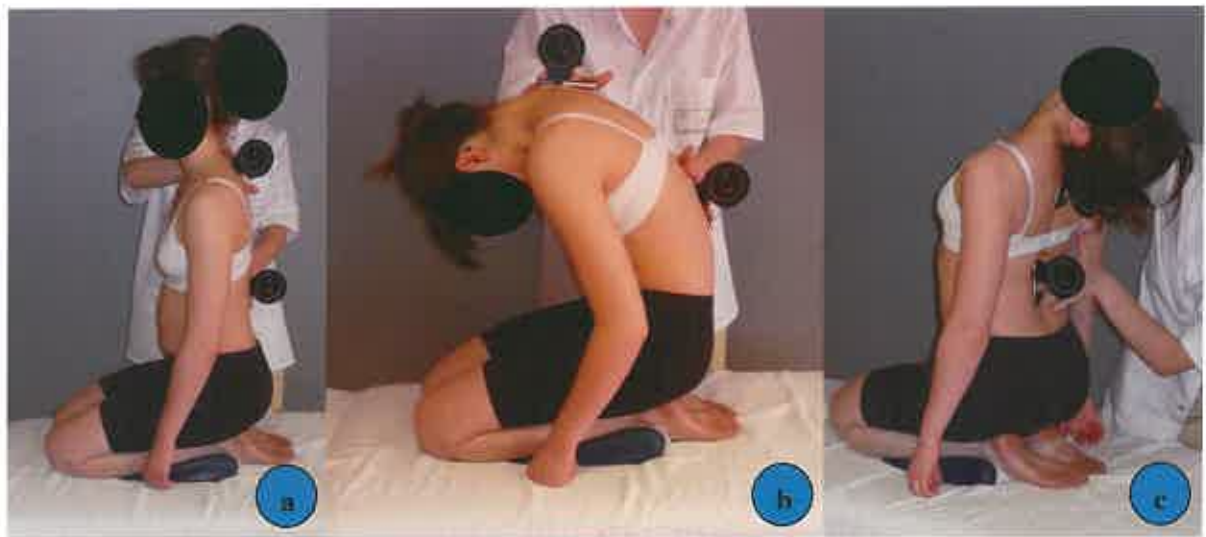


Figure 15 : mesures assis talon-fesse, a) position de départ, b) en anté-flexion, c) en post-flexion.

## 7.7. Mesure en position de sphinx, coudes tendus

Le sphinx est une position utilisée pour vérifier la réductibilité des cyphoses [25], elle permet en effet une hyperextension rachidienne. C'est dans cette position de sphinx bras tendus, que Loeb1 a évalué la double inclinométrie en extension du niveau lombaire [30]. De même, Estrade JL. réalise le Schöber étagé et modifié en extension dans cette position. «Mellin et coll. proposent de réaliser le test en post-flexion en procubitus, le sujet se



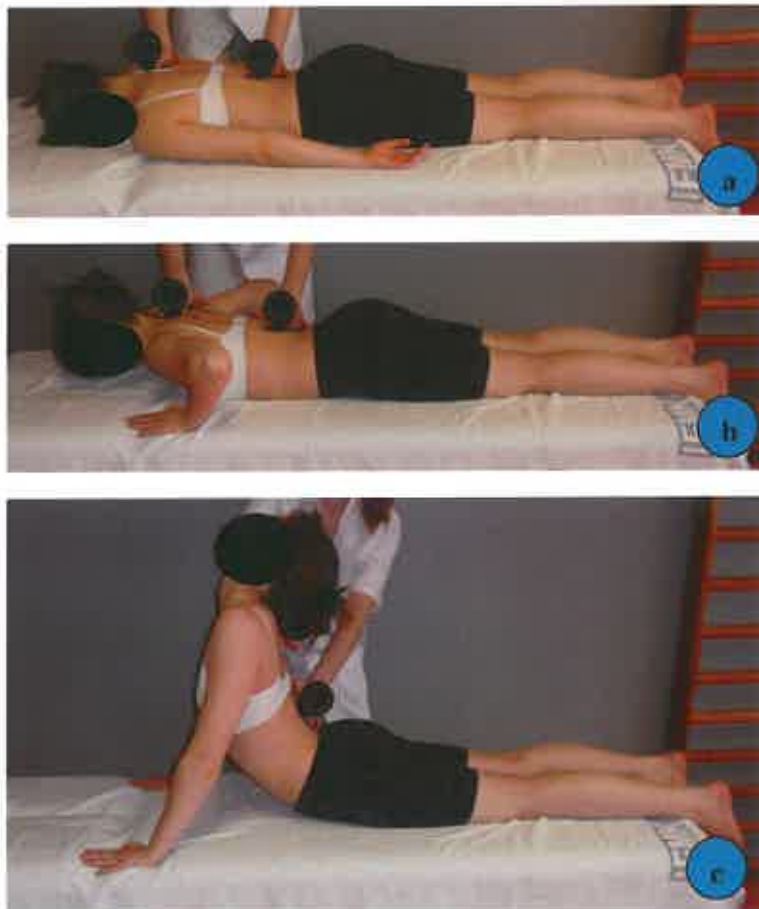
repoussant avec ses membres supérieurs» [31]. Pour cette position de mesure, seule l'extension peut être recherchée.

### 7.7.1. Position de départ

La position que nous avons déterminée pour prendre le zéro de référence des inclinomètres correspond à l'horizontale du sujet lorsqu'il est allongé en procubitus, les pieds en dehors de la table, les bras le long du corps et la tête dans l'axe du corps (c'est-à-dire, le front ou le nez au contact de la table, en fonction de l'anatomie de ce dernier) (fig. 16).

### 7.7.2. Prise de mesures

Nous demandons au sujet de prendre une position de sphinx les bras en extension, tout en gardant le bassin au contact de la table (fig. 16). Les consignes restent identiques concernant le mouvement de la tête.



**Figure 16 : test du sphinx bras-tendus, a) position de départ, b) mise en position, c) mesure en post-flexion maximale.**

*Remarque : Pour la réalisation de toutes les photographies, l'examineur s'est placé à la droite du sujet afin que le lecteur puisse visualiser les inclinomètres. Lors de l'étude il était, pour chaque mesure, à la gauche du sujet et face aux inclinomètres lors de la lecture des valeurs angulaires.*

## 8. ANALYSE STATISTIQUE DES RESULTATS

### 8.1. Caractéristiques anthropométriques de l'échantillon

Les sujets se répartissent selon le tableau II.

**Tableau II : Paramètres anthropométriques de la population.**

Sexe	Effectif N = 53	Age moyen en années	Poids moyen en Kg	Taille moyenne en cm	IMC moyen	Nombre de sportifs
Femmes	31	21,7 ± 2,4	65,8 ± 9,3	173 ± 9	22 ± 2,4	25
Hommes	22	21,8 ± 2,4	66,6 ± 9	173,5 ± 9	22,1 ± 2,4	21

### 8.2. Méthode statistique

Pour chaque position de mesure, la valeur mesurée a été comparée à la valeur donnée par les anatomistes. Pour cela, il nous a semblé plus judicieux de prendre les valeurs données par Kapandji et Huteau à savoir : 45° d'anté-flexion et 25° de post-flexion [8, 10].

Nous avons tout d'abord testé la **normalité de la distribution** des valeurs angulaires pour chaque individu dans chacune des positions de mesures à l'aide des tests de Skewness et Kurtosis. Ils ont confirmé qu'elle suivait une loi normale. Nous avons ensuite pu comparer nos valeurs à celles des anatomistes à l'aide d'une **analyse de variance (ANOVA) à mesures répétées** à 5 niveaux pour la flexion et 6 niveaux pour l'extension. Ce qui nous a donné un effet principal  $p < 0,0001$  pour la flexion et  $p < 0,0005$  pour l'extension. Or, un résultat est dit statistiquement significatif, lorsqu'il n'y a pas plus de 5 chances sur 100 (soit 5%) que ce même résultat ait été produit par les fluctuations du hasard. Comme  $p < 0,05$ , nous avons pu réaliser **des comparaisons post-hoc** à l'aide du test de HSD de Tukey. Ce test compare deux à deux les niveaux et donne une valeur de p. Si  $p > 0,05$ , l'hypothèse ( $H_0$ ) est conservée, à savoir : il n'existe pas de différence statistiquement significative entre les deux échantillons.

En revanche, si  $p \leq 0,05$  l'hypothèse (H0) est rejetée et l'hypothèse (H1) : il existe une différence significative entre les échantillons qui n'est pas due au hasard est conservée.

### 8.3. Résultats

#### 8.3.1. Résultats des tests pour l'anté-flexion

L'analyse de variance à 5 niveaux pour le test en anté-flexion nous donne la figure suivante (fig. 17).

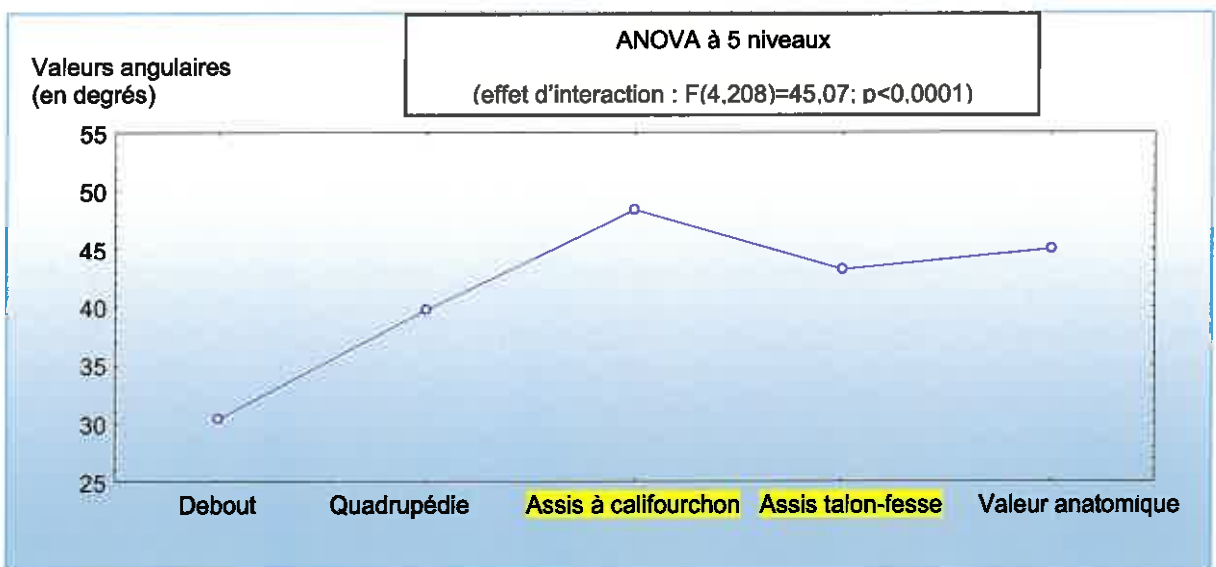


Figure 17 : Comparaisons des moyennes des valeurs angulaires d'anté-flexion dans chaque position de mesure et de la valeur anatomique.

Cette courbe met en évidence que les positions assis à califourchon et assis talon-fesse, sont proches de la valeur d'anté-flexion attribuée par Kapandji et Huteau. Les résultats post-hoc du test HSD de Tuckey mettent en évidence deux positions de mesures pour lesquelles il n'y a pas de différence significative ( $p > 0,05$ ) en comparaison à la valeur biomécanique de  $45^\circ$ . Ces positions sont : l'assis à califourchon, où  $p = 0,14968$  et l'assis talon-fesse, où  $p = 0,74310$ . (tab. III)

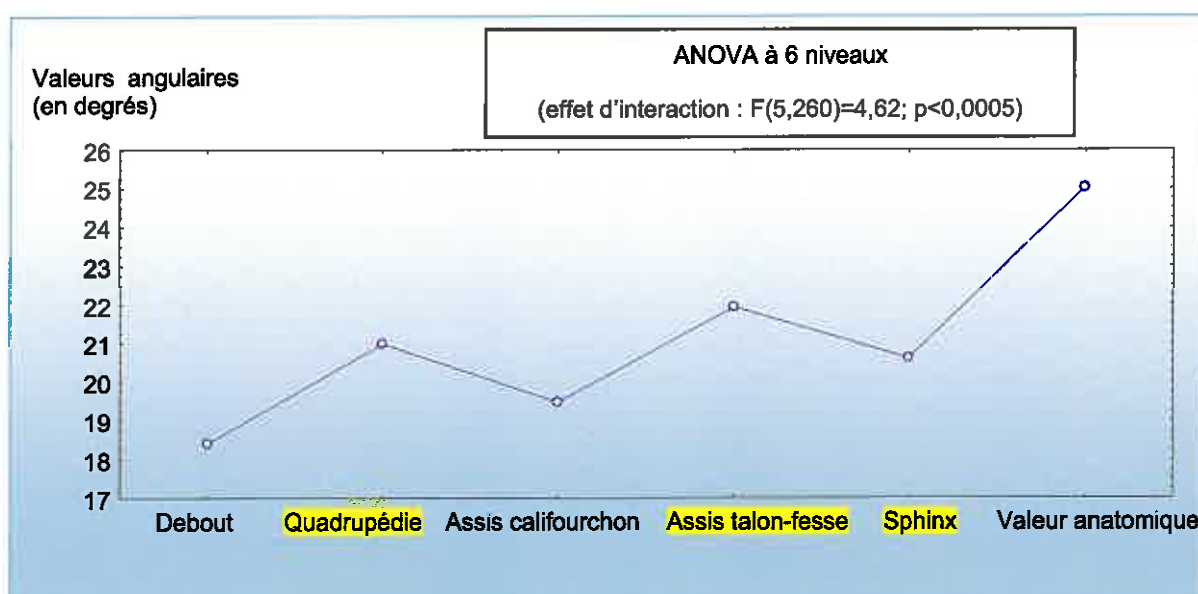
**Tableau III : Résultats post-hoc tests en anté-flexion.**

Test HSD Tukey; variable Dép.1					
Probas des Tests Post Hoc					
Effet principal : NIVEAU					
	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}
<b>Moyenne</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>48</b>	<b>43</b>	<b>45</b>
{1}		0,00002	0,00002	0,00002	0,00002
{2}	0,00002		0,00002	0,10772	0,00252
{3}	0,00002	0,00002		0,00427	0,14968
{4}	0,00002	0,10772	0,00427		0,74310
{5}	0,00002	0,00252	0,14968	0,74310	

**Légende :** {1} = Debout, {2} = Quadrupédie, {3} = Assis à califourchon, {4} = Assis talon-fesse, {5} = 45° ; p significatif (p > 0,05).

### 8.3.2. Résultats des tests pour la post-flexion

L'analyse de variance à 6 niveaux pour le test en post-flexion, montre que deux positions de mesures se rapprochent davantage de la valeur biomécanique de 25°. Il s'agit de la quadrupédie et de la position assis talon-fesse. Nous constatons également que la position en sphinx bras-tendus tend à donner des résultats proches de ceux en quadrupédie (fig. 18).



**Figure 18 : Comparaisons des moyennes des valeurs angulaires de post-flexion dans chaque position de mesure et de la valeur anatomique.**

Les résultats post-hoc du test HSD de Tuckey mettent en évidence deux positions de mesures pour lesquelles il n'y a pas de différence significative ( $p > 0,05$ ) en comparaison à la valeur biomécanique de  $25^\circ$ . Ces positions sont : la quadrupédie, où  $p = 0,07945$  et l'assis talon-fesse, où  $p = 0,31397$ . Nous observons que la position sphinx bras tendus a un  $p = 0,03967$  qui exprime une tendance des valeurs à se rapprocher de la valeur biomécanique. (tab. IV)

**Tableau IV : Résultats post-hoc des tests en post-flexion.**

Test HSD Tukey; variable Dép.1						
Probas des Tests Post Hoc						
Effet principal : NIVEAU						
	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}
Moyenne	18	21	19	22	21	25
1 {1}		0,52473	0,98149	0,17833	0,69055	0,00018
2 {2}	0,52473		0,91608	0,98891	0,99986	0,07945
3 {3}	0,98149	0,91608		0,57516	0,97487	0,00313
4 {4}	0,17833	0,98891	0,57516		0,95129	0,31397
5 {5}	0,69055	0,99986	0,97487	0,95129		0,03967
6 {6}	0,00018	0,07945	0,00313	0,31397	0,03967	

Légende : {1} = Debout, {2} = Quadrupédie, {3} = Assis à califourchon, {4} = Assis talon-fesse, {5} = Sphinx, {6} =  $25^\circ$  ; **p significatif** ( $p > 0,05$ ).

### 8.3.3. Comparaison hommes-femmes

Nous avons fait le même type d'étude en comparant la distribution chez les femmes et chez les hommes pour chaque position de mesure. De cette analyse statistique, aucune différence significative ne se dégage ( $p > 0,05$ ) (Annexe VII).

## 9. DISCUSSION

L'objectif de cette étude était double, **déterminer une valeur angulaire normée en double inclinométrie** d'une part et **proposer une ou des positions de prises de mesures** d'autre part.

Pour **déterminer une valeur angulaire** au niveau thoracique, qui soit en corrélation avec nos anatomistes et biomécaniciens, nous avons analysé les amplitudes données dans la

littérature. Elles montrent une grande variabilité en fonction des auteurs. De plus, les conditions dans lesquelles ces normes ont été établies ne sont souvent pas précisées. Afin de comparer les valeurs de notre étude à celles données par les anatomistes, nous avons dû faire un choix parmi ces valeurs. Pour nous aider, nous avons réalisé les moyennes des valeurs trouvées dans la littérature (cf § 2.6.). Ce qui nous donne une valeur moyenne de  $41,6^\circ$  pour l'anté-flexion et de  $25,5^\circ$  pour la post-flexion. Au vu de ces résultats, nous avons retenu les valeurs données par Kapandji (en 1980) et Huteau et al. (en 2009) qui sont de  $45^\circ$  en anté-flexion et  $25^\circ$  en post-flexion [8, 10].

**Pour le type de population étudié et compte tenu de nos résultats, nous proposons les normes de  $45^\circ \pm 2^\circ$  d'anté-flexion et  $21^\circ \pm 2^\circ$  de post-flexion.**

Nous avons proposé et défini des positions de prises de mesures afin qu'elles soient réalisables sans un matériel particulier et accessibles par tous, tout en étant en adéquation avec les valeurs définies anatomiquement. Habituellement, la mobilité rachidienne est quantifiée debout. Un mémoire de recherche, réalisé par Legin M., comparant le test de Troisier inversé en position debout et la double inclinométrie au niveau dorsal, a démontré une corrélation entre ces deux tests avec une plus grande précision pour la double inclinométrie [34]. Cependant, l'utilisation d'un verticalisateur était nécessaire lors de ce travail. Nous avons tenté de reproduire cette situation en plaçant le sujet debout face à un espalier et en fixant le bassin et les lombaires à l'aide d'une sangle (fig. 10). Au vu des faibles résultats obtenus dans cette position, nous rejetons **la position debout** pour quantifier l'amplitude de post-flexion. Il en est de même pour l'anté-flexion.

Les positions que nous avons retenues pour l'étude sont : **assis à califourchon** et **assis talon-fesse** afin d'évaluer la mobilité thoracique lorsque les lombaires sont fixées, **la position en quadrupédie** utilisée par Troisier O. lors du test centimétrique et **la position du sphinx bras-tendus** car elle est décrite comme permettant une hyperextension rachidienne [14,16, 17, 25, 30, 31].

Les résultats ont montré que pour **l'anté-flexion**, deux positions de mesures donnent des valeurs qui ne sont pas statistiquement différentes de la valeur anatomo-biomécanique de Kapandji et Huteau de  $45^\circ$ . Il s'agit de la position **assis à califourchon** ( $p = 0,14968$ ) d'une part et **assis talon-fesse** ( $p = 0,74310$ ) d'autre part. Cela peut s'expliquer par le fait que, dans

ces positions, le complexe lombo-pelvis fémoral est verrouillé, favorisant exclusivement la mobilité thoracique. Ces positions permettent également un relâchement des structures myo-tendineuses (principalement des ischio-jambiers) et fasciales postérieures. Ces structures sont, au contraire, mises en tension lorsque nous réalisons le test en position debout, limitant ainsi le mouvement [14]. Les deux positions ont l'avantage d'être reproductibles et réalisables facilement. En revanche, il nous est apparu que pour certains sujets, la position assis talon-fesse peut être désagréable par la mise en tension musculaire (du muscle droit fémoral notamment), et par la position des chevilles en flexion plantaire maximale. Dans un souci de confort pour nos patients, un coussin triangulaire placé sous les talo-crurales leur a systématiquement été proposé (fig. 15). La position assis à califourchon peut présenter un désavantage en fonction de la largeur de la table d'examen utilisée et de la rétraction des adducteurs du sujet. Dans ce cas, la table peut être remplacée par un banc suédois. Dans l'objectif d'être reproductible lors de notre étude, nous avons veillé à ce que le sujet ne décolle pas les fesses de la table lors de la mesure, afin qu'il ne compense pas par une bascule globale du tronc en avant.

Pour la **post-flexion**, les positions **assis talon-fesse** et en **quadrupédie** nous ont permis d'obtenir des valeurs qui ne sont pas statistiquement différentes de la valeur biomécanique de Kapandji et Huteau de 25°. La position **assis talon-fesse** ( $p = 0,31397$ ) offre l'avantage d'être plus facilement reproductible que celle en quadrupédie. Elle présente en revanche, les mêmes inconvénients que pour la mesure en flexion. De plus, lors de la prise de mesure en T1, la tête vient au contact de l'inclinomètre ce qui peut être désagréable, voir gênant pour le sujet. La position en **quadrupédie** utilisée par Troisier O. pour le test centimétrique donne également des résultats proches de la valeur anatomique ( $p = 0,07945$ ). Au vu de nos résultats, nous pouvons en déduire que c'est une position plutôt fiable pour mesurer la mobilité en extension du rachis dorsal ; mais elle nécessite que l'évaluateur contrôle de nombreux paramètres positionnels. Notre étude a également démontré que la **position du sphinx bras-tendus tend à donner les mêmes résultats que la position en quadrupédie**. Cette position permet d'évaluer en parallèle, la réductibilité et la souplesse de la courbure thoracique. C'est également une position de mesure qui offre peu de sources d'erreurs, car elle est facilement reproductible et nécessite moins de contrôle lors de la mise à zéro des inclinomètres.

**En pratique courante, nous recommandons de réaliser la double inclinométrie thoracique en anté-flexion dans les positions assis talon-fesse ou assis à califourchon. Quant à la post-flexion, les positions sphinx bras tendus et assis talon-fesse nous semblent intéressantes. Dans ces positions, le praticien a moins de paramètres positionnels à contrôler que dans la position de Klapp en quadrupédie.**

De façon générale, la mobilité rachidienne est souvent évaluée à l'aide de tests centimétriques (§3). Même s'il a été démontré qu'il existe une corrélation entre le déplacement cutané et la mobilité des processus épineux rendant les tests centimétriques «fiables» [14], la double inclinométrie, reconnue pour sa fiabilité et sa reproductibilité [7, 18, 27, 29], offre l'avantage de se placer directement en regard de la surface osseuse et de la suivre lors du mouvement, donnant une valeur angulaire au plus proche de la réalité. «L'inclinomètre est reproductible et sa validité a été confirmée par radiographies (N = 50)», d'après la revue bibliographique du bilan-diagnostic kinésithérapique du lombalgique [31]. Si nous en avons eu les possibilités, il aurait été intéressant de comparer les valeurs obtenues en double inclinométrie aux valeurs obtenues radiographiquement [4, 24]. L'intérêt de l'inclinométrie est qu'elle ne nécessite pas d'irradiation du sujet. «L'ergonomie et le design de l'inclinomètre permettent de le tenir à une seule main» [29], ainsi l'utilisateur peut réaliser les mesures en T1 et T12 en même temps. De plus, il permet une lecture facile et directe de l'amplitude [32].

D'après Troisier O., le rachis étant un axe continu, «il est impossible en pratique courante, de séparer les trois régions (cervicale, thoracique et lombaire) dans le mouvement simple» [14]. Nous pouvons tenter de diminuer l'influence des étages sus et sous-jacents, mais une participation sera toujours à prendre en compte. L'avantage de la double inclinométrie est : quelle que soit la position de mesure, nous pouvons isoler la participation d'un segment rachidien. Dans notre cas, en soustrayant la valeur obtenue de la mobilité thoraco-lombo-pelvienne à celle en lombo-pelvien, nous obtenons la mobilité du segment thoracique uniquement.



D'après Gouilly P., «des risques d'erreurs sont relativement limités» lors de l'inclinométrie [27]. Ils résultent principalement d'une position de départ erronée entraînant une mauvaise mise à zéro, ou d'un mauvais positionnement de l'inclinomètre. Dans notre étude, le risque majeur d'erreurs est un mauvais marquage des épineuses de T1 et T12 [4, 27]. Afin de limiter ce risque, nous avons, en plus de la méthode de repérage précédemment décrite (§ 6.1.), vérifié le repérage des épineuses en descendant d'épineuse en épineuse de T1 à T12 [33]. Pour la stabilité de l'inclinomètre sur l'épineuse, la mise en place de l'encoche est une nécessité. Elle permet ainsi une bonne reproductibilité. Les autres erreurs possibles sont liées à l'examineur qui peut commettre des erreurs de lecture ou de calcul [17].

Ces mesures dynamiques peuvent varier en fonction de la motivation, des encouragements, du moment de la journée, de la température de la pièce et des activités précédemment réalisées [30,31]. Il est impossible de maîtriser l'ensemble de ces éléments dans le cadre de notre étude. Nous nous sommes efforcée de réaliser les mesures dans les mêmes conditions pour chacun des sujets (lieu, période de la journée...).

De plus, il est communément décrit que des facteurs individuels tels que l'âge, le genre, la taille, l'IMC, l'activité physique influencent la mobilité rachidienne [24, 35]. En revanche, certaines études n'ont démontré aucune différence statistiquement significative entre les femmes et les hommes, ni entre les sportifs et les sédentaires [16, 17]. Comme dans les études dirigées par Estrade JL. [16, 17], nous constatons qu'il n'existe pas de différence statistiquement significative entre les hommes et les femmes concernant la mobilité rachidienne thoracique.

Lors de cette étude, nous avons choisi de réaliser les mesures selon un ordre fixé au préalable afin d'être reproductible entre les sujets. Une étude randomisée, avec tirage au sort de l'ordre de réalisation des positions de mesures, permettrait de mettre en évidence les effets de cet ordre sur les résultats obtenus.

## 10. CONCLUSION

La masso-kinésithérapie tend à évoluer vers une approche plus scientifique de la discipline, avec l'utilisation de techniques et manœuvres basées sur les preuves. Pour cela, le

masseur-kinésithérapeute a nécessairement besoin d'outils et de méthodes de mesures **standardisées, fiables et reproductibles.**

Les mesures centimétriques habituellement utilisées pour quantifier la mobilité rachidienne restent insuffisantes ou non satisfaisantes [17, 36]. Encore trop peu utilisée en France, la double inclinométrie répond à cette problématique. Correctement réalisée, c'est une technique de mesure angulaire applicable facilement en cabinet de kinésithérapie libérale, tout comme en centre de soins. Elle permet notamment d'évaluer de façon segmentaire la mobilité du rachis. Beaucoup décrite au niveau lombaire, la double inclinométrie à l'étage dorsal reste encore peu étudiée.

Notre étude a élaboré un protocole de mesure par double inclinométrie de la mobilité du rachis thoracique dans le plan sagittal. L'évaluation de différentes positions de mesure a mis en évidence que la mobilité thoracique est plus importante lorsque les lombaires sont fixées.

Au vu des résultats obtenus, il serait intéressant de comparer les résultats en double inclinométrie aux évaluations radiologiques, comme cela a été fait pour l'étage lombaire. La population retenue lors de l'étude est saine, il serait pertinent d'évaluer ce protocole chez des sujets souffrants de dorsalgies. Cette méthode de mesure pourrait être utilisée pour étudier l'influence de l'hypercyphose dorsale sur la mobilité rachidienne.

## BIBLIOGRAPHIE

1. **MINISTERE DE LA SANTE ET DES SOLIDARITES** – Arrêté du 10 mai 2007 portant approbation de la convention nationale des masseurs-kinésithérapeutes destinée à régir les rapports entre les masseurs-kinésithérapeutes et les caisses d'assurance maladie. Journal Officiel de la République Française, 16 mai 2007, texte 245 sur 413, Titre 1<sup>er</sup>.
2. **DUFOUR X., BARETTE G., BARILLEC F.** – Le bilan kinésithérapique rachidien vu par la thérapie manuelle. *Kinesither Sci*, février 2011, 518, p. 41-48.
3. **MOLL J.M., WRIGHT V.** – Normal range of spinal mobility : an objective clinical study. *Ann Rheum Dis*, 1971, 30, p. 381-386.
4. **WILLIAMS R.M., GOLDSMITH C.H., MINUK T.** – Validity of the double inclinometer method for measuring lumbar flexion. *Physiother CANADA*, 1998, 50, 2, p. 147-152.
5. **LEE C.N., ROBBINS D.P, ROBERTS H.J., and al.** – Reliability and validity of single inclinometer measurements for thoracic spine range of motion. *Physiother CANADA*, 2003, 55, 2, p. 73-78.
6. **DUFOUR M., PILLU M.** – Biomécanique fonctionnelle : membres, tête, tronc. Issy-les-Moulineaux : Masson, 2006. 568 p. ISBN : 2-294-08877-8.
7. **AFREK** – Méthode de la double inclinométrie : mesure/spécifique/lombalgie. In BDD bilans AFREK. [En ligne]. [www.afrek.com](http://www.afrek.com) (29/09/2012)
8. **KAPANDJI A. I.** – Qu'est-ce que la Biomécanique ? Montpellier : Sauramps Médical, 2011. 592 p. ISBN : 978-2-840-23737-2.
9. **KAPANDJI A. I.** – Physiologie articulaire Tome 3 : Tête et rachis. 6<sup>e</sup> éd. Paris : Maloine, 2007. 329 p. ISBN : 978-2-224-02649-3.
10. **HUTEAU B., LE BOURDAIS F., USUREAU O.** – Diagnostic ostéopathique : rachis et squelette appendiculaire. Paris : Maloine, 2009. 356 p. ISBN : 978-2-224-03008-7.

11. **DUFOUR M.** – Anatomie de l'appareil locomoteur : tête et tronc (Tome 3). 2<sup>e</sup> éd. Issy-les-Moulineaux : Masson, 2007. 369 p. ISBN : 978-2-294-7148-3.
12. **DE MAUROY J.C.** – La Cyphose de l'adolescent et de l'adulte en pratique de Médecine Manuelle. Revue Interne de la S.I.R.E.R., 2005-2006, n<sup>o</sup> spécial Groupe d'Enseignement d'Ostéopathie et de Pathologie du Sport, p. 23-40.
13. **RICARD F.** – Médecine ostéopathique et traitement des algies du rachis dorsal. Issy-les-Moulineaux : Masson, 2011. 417 p. ISBN : 978-2-8101-0097-2.
14. **TROISIER O.** – Sémiologie et traitement des algies discales et ligamentaire du rachis. Paris : Masson, 1973. 579 p., Chapitre 1<sup>er</sup>, p. 3-125. ISBN : 2-225 35 222-7.
15. **NORKIN C.C., WHITE D.J.** – Measurement of joint motion : a guide to goniometry. 4<sup>e</sup> éd. Philadelphia: F.A. Davis Company, 2009, p. 365-407. ISBN : 978-0-8036-2066-7.
16. **ESTRADE J.L.** – Mesures cliniques du sujet sain dans le plan sagittal. Kinesither Sci, juillet 2007, 479, p. 5-13.
17. **ESTRADE J.L.** – Recherche de moyennes et de relations entre différents paramètres de l'examen clinique postural de sujets sains. Kinesither, les annales, mai-juin 2005, 41-42, p. 17-35.
18. **CLELAND J., KOPPENHAVER S.**, traduction de PILLU M. – Examen Clinique de l'appareil locomoteur : tests, évaluations et niveaux de preuve. Paris : Masson, 2012, 2<sup>nd</sup> éd., 510 p. (p. 132-163). ISBN : 978-2-294-71427-6.
19. **BUCKUP K.** – Examen clinique de l'appareil locomoteur : tests, signes, manœuvres. 2<sup>e</sup> éd. Paris : Maloine, 2010. 459 p. ISBN : 978-2-224-03186-2.
20. **KIPPERS V., PARKER A.W.** – Toe-Touch Test : a measure of its validity. Phys Ther, 1987, 67, p. 1680-1684.
21. **ROYER A., CECCONELLO R.** – Bilans articulaires cliniques et goniométriques : généralités. Encyclopédie Médico-Chirurgicale, 2004, 26-008-A-10.

- 22. GOUILLY P., PETITDANT B.** – Comprendre la kinésithérapie en rhumatologie. Issy-les-Moulineaux : Masson, 2006. 315 p. ISBN : 2-294-02021-9.
- 23. LEMPEREUR J.J.** – Evaluation statistique des mesures cliniques de la mobilité du rachis. *Ann Kinesither*, 1981, 8, 1-2, p. 11-34.
- 24. METTÉ F., DEMIAUTTE S.** – Étude de la mobilité du rachis lombaire dans le plan sagittal : comparaison et corrélation entre les mesures cliniques et radiologiques. *Ann Kinesither*, 1996, 23, 6, p. 270-273.
- 25. MICHAUD P.** – Cahiers de formation continue du kinésithérapeute : l'examen du sujet en gymnastique analytique. Paris : SPEK, 1985. 130 p. ISBN : 200 F.
- 26. LEA R.D., GERHARDT J.J.** – Current Concepts Review Range-of-Motion Measurements. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, may 1995, 5, p. 784-798.
- 27. GOUILLY P.** – Inclinométrie du membre supérieur. *Kinesither, les cahiers*, novembre - décembre 2004, 35-36, p. 50-54.
- 28. POICHOTTE E.** – À propos d'inclinomètre. *Kinesither, les cahiers*, septembre 2005, 44-45, p. 94-96.
- 29. POICHOTTE E.** – Inclinométrie et standardisation des mesures d'amplitude articulaire. *Kinesither Sci*, novembre 2005, 460, p. 37-43.
- 30. MERRITT J.L., McLEAN T.J., ERICKSON R.P., OFFORD K.P.** – Measurement of Trunk Flexibility in Normal Subjects: Reproducibility of Three Clinical Methods. *Mayo Clinic Proc*, march 1986, 61-3, p. 192-197.
- 31. GOUILLY P., GROSS M., MULLER J.F.** – Revue bibliographique du bilan-diagnostic kinésithérapique du lombalgique. *Ann Kinesither*, 2001, 28, 7, p. 301-332.
- 32. RIPPSTEIN J.** – Le Plurimètre-V64, un nouvel instrument de mensuration. *Ann Kinesither*, 1983, 10, 1-2, pp. 37-45. Masson, Paris, 1983.
- 33. TIXA S.** – Atlas d'anatomie Palpatoire: Tome 1, cou, tronc, membre supérieur : investigation manuelle de surface. Paris: Masson, 2005. 216 p. ISBN : 2-294-70125-9.

**34. LEGIN M.** – Etude comparative entre le test du Troisier inversé et la double inclinométrie. 2009. 26 p. Rapport de travail écrit personnel en vue de l'obtention du diplôme d'état de Masseur- Kinésithérapeute, 2008-2009 : Nancy, ILFMK.

**35. BATTIE M.C., BIGOS S.J., SHEEHY A., WORTLEY M.D.** – Spinal Flexibility and Individual Factors That Influence It. *Phys Ther*, 1987, 67, p. 653-658.

**36. VOISIN Ph., WEISSLAND T., VANVELCENAHER J.** – Evaluation clinique chez le lombalgique de la flexion lombo-pelvienne en position debout. *Kinesither Sci*, fév. 2000, 397, p. 31-35.

# **ANNEXES**

## **SOMMAIRE DES ANNEXES**

**ANNEXE I : Le rachis thoracique**

**ANNEXE II : Plan sagittal et biomécanique de l'anté-flexion et post-flexion**

**ANNEXE III : Schémas anatomiques et biomécaniques**

**ANNEXE IV : Fiche d'informations sur le participant à l'étude**

**ANNEXE V : Quelques méthodes du bilan pré-tests**

**ANNEXE VI : Valeurs obtenues et résultats**

**ANNEXE VII : Résultats des comparaisons hommes-femmes**

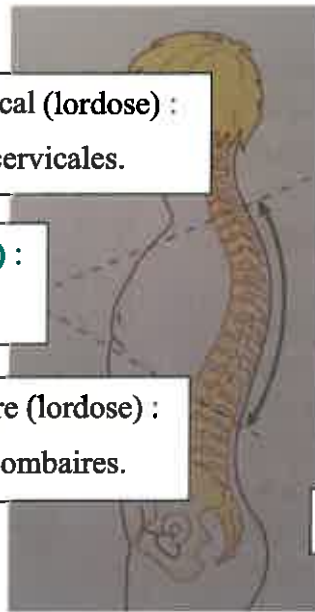
*Remarque : Les illustrations des annexes sont issues des livres de KAPANDJI AI. [8, 9], de MICHAUD P. [25] et de NETTER FH. –Atlas d'anatomie humaine. Paris : Masson, 2007. 552 p. ISBN : 978-2-294-094736.*



## ANNEXE I : Le rachis thoracique



Vue postérieure du rachis dans sa globalité.



Rachis cervical (lordose) :  
7 vertèbres cervicales.

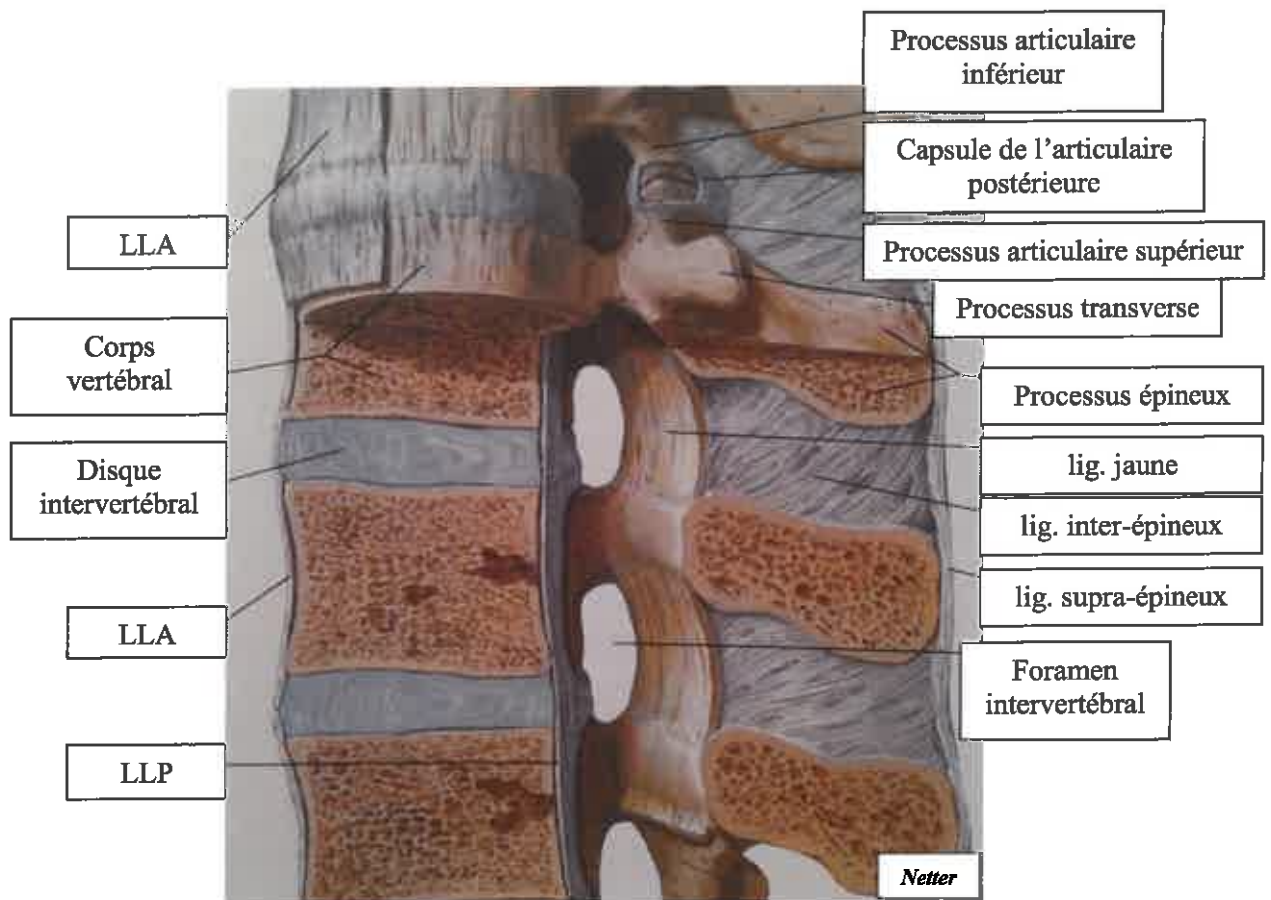
**Rachis thoracique (cyphose) :**  
12 vertèbres thoraciques.

Rachis lombaire (lordose) :  
5 vertèbres lombaires.

Sacrum + Coccyx

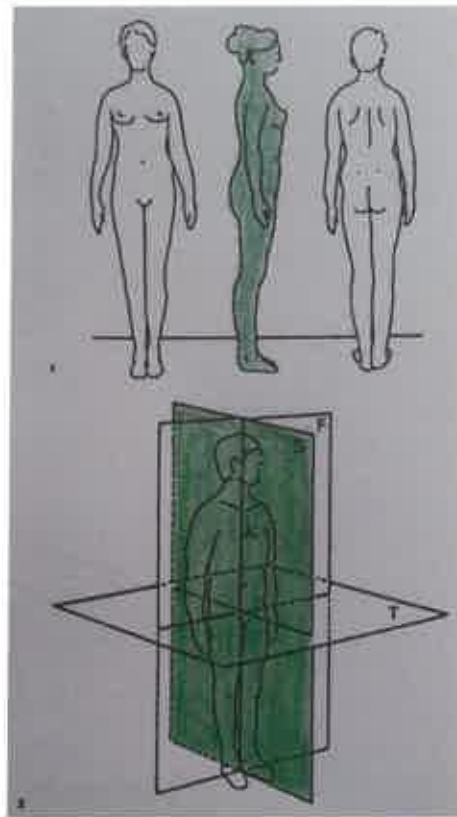
Niveau rachidien	Rachis cervical inférieur	Rachis thoracique	Rachis lombaire
Amplitude du débattement sagittal	100° à 110°	<b>60° à 70°</b>	70° à 80°

**L'étage thoracique est le niveau rachidien le moins mobile.**

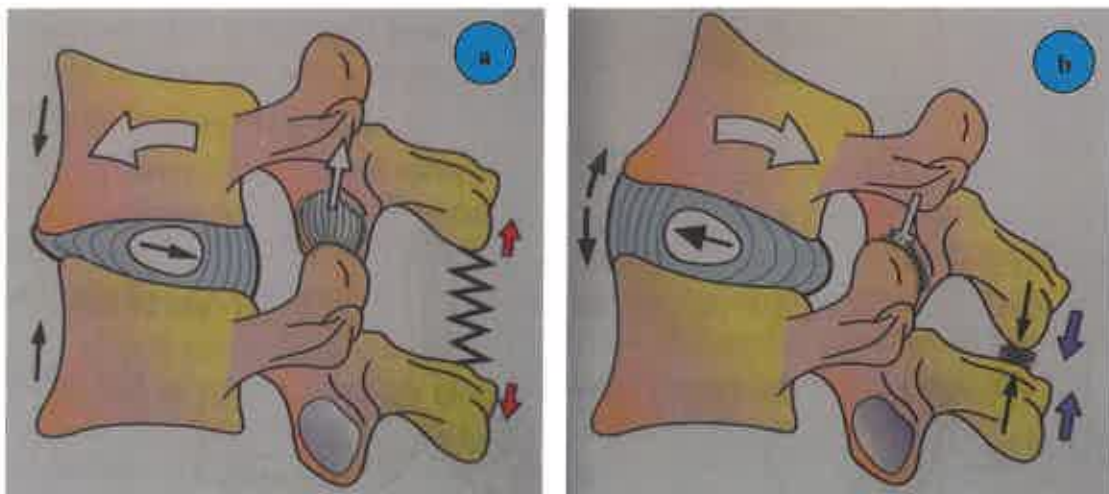


**Le système ligamentaire rachidien.**

## ANNEXE II : Plan sagittal et biomécanique de l'anté-flexion et post-flexion

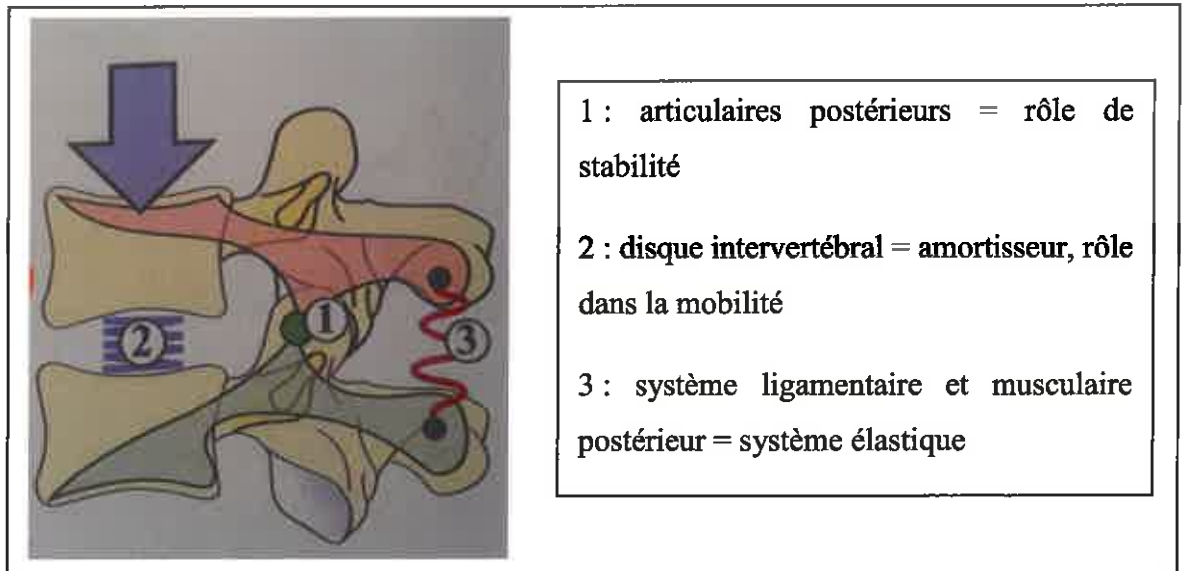
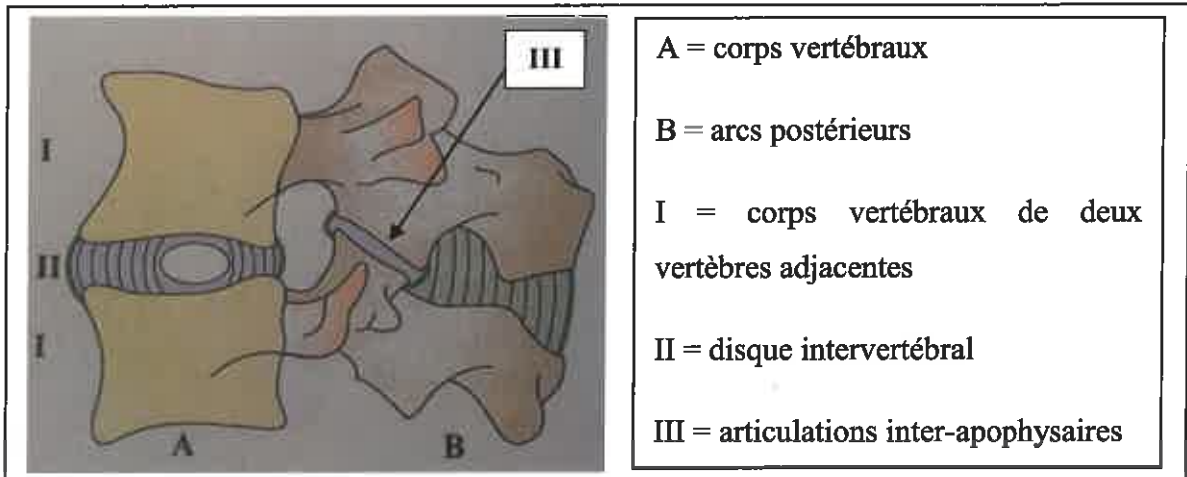


Le plan sagittal ou antéro-postérieur.



Biomécanique au niveau vertébral de : a) l'anté-flexion, b) la post-flexion.

### ANNEXE III : Schémas anatomiques et biomécaniques



**ANNEXE IV : Fiche d'informations sur le participant à l'étude**

Etude de la mobilité par double inclinométrie du rachis thoracique, dans le plan sagittal.

N° :

Date : \_\_\_\_\_

Fiche d'informations sur le participant à l'étude.

Heure : \_\_\_\_\_

---

Formulaire d'informations et de consentement éclairé :

L'objet de cette étude est d'évaluer la mobilité du rachis thoracique dans le plan sagittal, à savoir : en flexion et en extension.

Pour cela, nous allons tout d'abord comparer les valeurs angulaires mesurées en double inclinométrie aux normes données par les anatomistes.

Puis, nous recherchons quelles sont les positions de mesure permettant d'obtenir la plus grande mobilité.

Les données et informations recueillies resteront strictement confidentielles.

Je, soussigné(e), Mlle, Mme, M, ..... né(e) le .....

**accepte librement et volontairement de participer à cette recherche.**

⇒ Je pourrai à tout moment demander toute information complémentaire aux organisateurs de l'étude.

Fait à : \_\_\_\_\_, le : \_\_\_\_\_

Signature du Volontaire :

Informations à remplir par le volontaire à l'étude :

**NOM =**

**Prénom =**

**Date de naissance =**

**Age =**

**Taille (en cm) =**

**Poids (en Kg) =**

**Sexe = F / M**

**Activités physiques pratiquées =**

**A quelle fréquence (ex : 2 fois 1h30 par semaine) =**

**Etat de santé =**

**ATCD (ex : hernie discale) =**

**Douleurs rachidiennes ? (si oui, les décrire : localisation, survenue, durée, échelle numérique [de 0 à 10]...) =**

**Pathologie(s) rachidienne(s) connue(s) ? (scoliose, HCD, HLL...) =**

**Radiographies du rachis (si oui, à quelle occasion ?) =**

**Avez-vous pratiqué une activité physique avant la réalisation des mesures ?**

Bilan (éléments à remplir par le thérapeute) :

**Bilan subjectif du rachis en position debout :**

**Test de Troisier (avec niveau à bulle) : (en mm)**

⇒ T1 =

T1 + T12 =

⇒ T12 =

**Evaluation subjective de la distance doigts-sol :**

**Réductibilité lors du test du sphinx :**

**OUI**

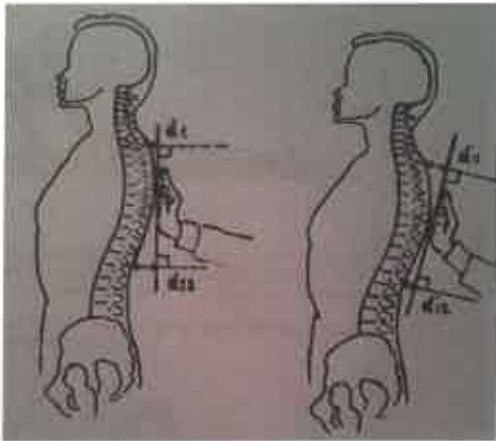
**NON**

Tableau de report des mesures : *exemple pour le sujet n°35.*

Position de la mesure		FLEXION	≠	EXTENSION	≠
Debout	T1	170		68	
	T12	146	24	56	12
Quadrupédie coudes sur table	T1	40		28	
	T12	6	34	2	26
Assis califourchon	T1	100		54	
	T12	56	44	32	22
Assis talon-fesse	T1	128		66	
	T12	92	36	36	30
Sphinx bras en extension	T1			70	
	T12			54	16

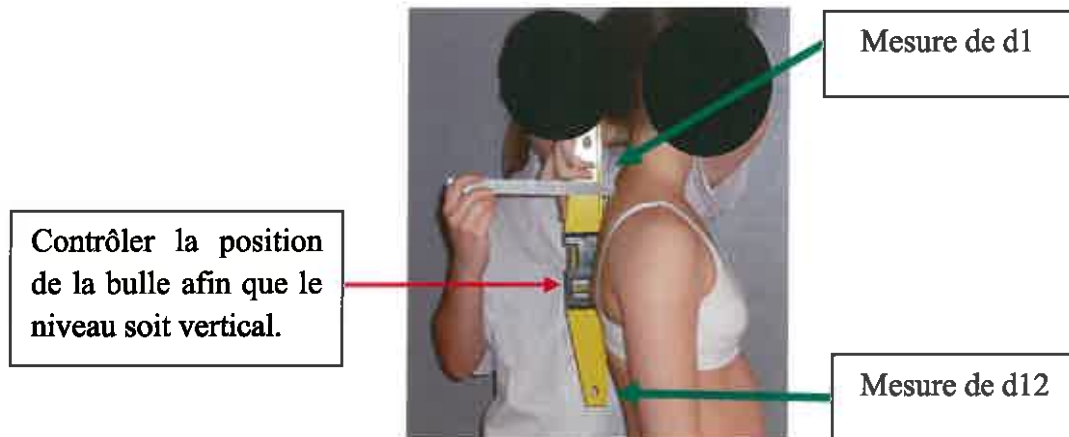
Colonnes des valeurs étant ensuite reportées dans le tableau statistique

## ANNEXE V : Quelques méthodes du bilan pré-tests



$$d1 + d12 = d'1 + d'12$$

Schéma de la méthode de Troisier pour quantifier la courbure dorsale (T1 + T12) à l'aide du niveau à bulle (courbure dorsale – courbure lombaire).



Évaluation de la réductibilité de la cyphose dorsale lors du test du sphinx.