

Julie DELZENNE  
Master 2 recherche

MEMOIRE DE RECHERCHE :

Une séance de Qi Qong a-t'elle un effet sur l'équilibre et la marche  
chez la personne âgée saine et ostéoporotique ?



Directeur : Eric Watelain, MdC, HDR, UVHC, CNRS LAMIH.

Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis  
**Année 2008 - 2009**

## SOMMAIRE

<b>Remerciements.....</b>	<b>7</b>
<b>I. Introduction .....</b>	<b>8</b>
1. Le vieillissement normal.....	8
1.1. Le vieillissement .....	8
1.2. La personne âgée .....	8
1.3. La fragilité .....	8
1.4. L'autonomie et la dépendance.....	9
1.5. Les effets du vieillissement sur l'organisme .....	9
1.5.1. Le vieillissement musculaire .....	9
1.5.2. Le vieillissement du système nerveux.....	9
1.5.3. Le système cardio-vasculaire et respiratoire .....	10
1.5.4. le système locomoteur .....	10
2. L'ostéoporose.....	10
2.1. L'ostéoporose en chiffres .....	10
2.2. Définition .....	10
2.3. L'ostéoporose primitive commune.....	11
2.4. Manifestations cliniques.....	12
2.5. L'examen de dépistage.....	12
2.6. Signes morphologiques .....	13
2.7. Les fractures .....	14
2.8. Facteurs de risque.....	14
2.9. Les traitements possibles.....	14
2.9.1. Les traitements médicamenteux .....	14
2.9.2. Les traitements non médicamenteux .....	14
2.9.2.1. L'alimentation .....	14
2.9.2.2. L'activité physique .....	14
3. L'équilibre et la marche chez la personne âgée .....	15
3.1. l'équilibre .....	15
3.1.1. Définition .....	15
3.1.2. le contrôle postural .....	15
3.1.3. L'impact du vieillissement .....	15
3.1.4. l'évaluation de l'équilibre. ....	15
3.1.4.1. La posturographie.....	15
3.1.4.2. Le test unipodal .....	16
3.1.4.2. Le test de Romberg sensibilisé.....	16
3.2. La marche .....	16
3.2.1. Un peu d'histoire .....	16
3.2.2. Définition .....	16
3.2.3. le cycle de marche .....	17
3.2.4. l'analyse de la marche .....	19
3.2.5. l'effet du vieillissement sur la marche .....	20
4. La chute.....	21
4.1. Définition .....	21
4.2. Effet du vieillissement.....	21
4.3. Risques de chute.....	21
4.4. Les conséquences de la chute chez la personne âgée ostéoporotique .....	21
5. L'activité physique chez la personne âgée ostéoporotique.....	22
5.1. L'activité physique après la ménopause.....	22

5.2. Les effets de l'activité physique sur l'ostéoporose .....	22
5.3. Activité physique, prévention des chutes et ostéoporose .....	23
5.4. Le Qi gong.....	23
5.4.1. Un peu d'histoire .....	23
5.4.2. Définition .....	24
5.4.3. Objectifs .....	24
5.4.4. Les effets du qi gong sur l'organisme .....	24
5.4.4.1. Sur le corps .....	24
5.4.2. Sur le souffle .....	25
5.4.3. Sur l'esprit .....	25
6. Problématique et hypothèses.....	25
6.1. Problématique.....	25
6.2. Hypothèses .....	26
<b>II. Matériel et méthode .....</b>	<b>27</b>
1. Projet initialement prévu.....	27
2. Expérimentation.....	27
2.1. Sujets .....	27
2.2. Protocole.....	28
2.3. Tests .....	28
2.3.1. L'analyse de la marche.....	29
2.3.2. La posturographie.....	31
2.4. La séance de Qi Gong .....	31
2.5. Les statistiques .....	32
<b>III. Résultats .....</b>	<b>33</b>
1. L'analyse de la marche .....	33
1.1. Les paramètres temporeux .....	33
1.2. La cinématique et la cinétique.....	36
1.2.1. Comparaison Inter-groupe.....	36
1.2.2. Comparaison Intra-groupe.....	45
<b>IV. Discussion.....</b>	<b>64</b>
1. Les limites.....	64
2. La marche .....	64
2.1. Les paramètres temporeux .....	64
2.2. La cinématique et la cinétique.....	65
3. La posturographie .....	65
3.1. Les tests posturographiques simples .....	65
3.2. Les tests spécifiques .....	67
4. Apports du Qi Gong.....	68
<b>V. Conclusion et perspective .....</b>	<b>68</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>70</b>

## Remerciements

Le travail présenté de ce mémoire de master 2 a été réalisé dans le Laboratoire d'Automatique et de Mécanique Industrielle et Humaine de l'Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis.

En préambule à ce mémoire, je souhaitais adresser mes remerciements aux personnes qui m'ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire.

Je tiens à remercier sincèrement Monsieur Eric Watelain, qui, en tant que Directeur de master 2 recherche, s'est toujours montré à l'écoute et disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'il a bien voulu me consacrer.

Merci aux rapporteurs P. Mucci et C. Garnier d'avoir consacré du temps à la lecture et à la compréhension de mon travail.

Mes remerciements s'adressent également à Christophe Gillet et Yoshi Sagawa pour leurs aides précieuses quant à l'utilisation du matériel d'acquisition et de traitement de mes données.

Je souhaite également remercier Jean Jacques Fabre, pour sa disponibilité, sa participation et ses interventions lors des séances de Qi Gong. Sans oublier Mme Sobczack, mon sujet ostéoporotique sans qui l'étude n'aurait pas pu être réalisée, mes grands parents qui se sont prêtés au jeu ainsi que M. et Mme Watelain pour leurs participations.

Merci à mes amis de master 2, Racha pour son aide lors de mes expériences et Yoann pour sa disponibilité lorsque j'avais un problème.

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches et amis, qui m'ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous et à toutes.

## I. Introduction

### 1. Le vieillissement normal

#### 1.1. Le vieillissement

Le vieillissement est l'ensemble des processus physiologiques et psychologiques qui modifient la structure et les fonctions de l'organisme (Camus, 1997). Il est la résultante des effets intriqués de facteurs génétiques (vieillesse intrinsèque) et de facteurs environnementaux auxquels est soumis l'organisme tout au long de sa vie. Il se caractérise par une baisse progressive de ses capacités d'adaptation et une diminution de l'efficacité de ses mécanismes de régulation. Tout cela entraîne une plus grande sensibilité à la maladie et une probabilité de mort plus élevée.

#### 1.2. La personne âgée

La classification suivante est généralement utilisée (Spirduso (1995)) : Personne "d'âge moyen", "jeune vieux", "vieux", " très vieux".

L'âge moyen correspond à la seconde moitié de la carrière professionnelle d'un individu ; la majorité des systèmes biologiques montrent une baisse de 10% à 30% de leur fonction relativement aux valeurs maximales mesurées à l'âge adulte. Généralement, cette catégorie concerne les personnes âgées de 40 à 64 ans.

La catégorie "jeune vieux" correspond à la période suivant immédiatement la retraite professionnelle ; généralement une baisse de la capacité fonctionnelle commence à être observée sans qu'il y est une altération importante de l'homéostasie (65 à 74 ans).

La classe "vieux" présente une altération marquée de sa capacité fonctionnelle dans les activités quotidiennes. Cependant, elle peut continuer à vivre tous les jours de façon autonome (75 à 84 ans).

Enfin, les catégories "très vieux" (plus de 85 ans) et "très très vieux" (plus de 100 ans) concernent les personnes nécessitant une aide à domicile et/ou médicale.

De façon générale, dans les diverses catégories énoncées précédemment, on peut distinguer :

- Les seniors en bonne santé c'est-à-dire sans pathologie.
- Les seniors fragiles : la fragilité est définie comme le risque que présente une personne âgée à un moment de sa vie, de développer ou d'aggraver des limitations fonctionnelles et des incapacités, étant donné les effets combinés des déficiences.
- Les seniors déments : il s'agit de personnes dépendantes sur le plan mental et physique.
- Les seniors chuteurs : cette catégorie concerne les personnes qui chutent lors de leurs déplacements ou de leurs transferts (passage de la position assise à debout et inversement).

#### 1.3. La fragilité

La définition de la fragilité dans la littérature est une notion assez imprécise et qui a progressivement évoluée dans le temps. Selon Rockwood et al. (1994), il s'agit d'un équilibre entre les atouts qui favorisent l'indépendance de la personne âgée et les déficits qui la menacent en prenant en compte les aspects biomédicaux et psychosociaux. Linda P. Fried et al. (2001) la fragilité est une vulnérabilité physiologique liée au vieillissement, conséquence

d'une altération des réserves homéostatiques et d'une baisse des capacités de l'organisme à répondre à un stress qu'il soit médical, psychologique ou social.

Il existe des facteurs favorisant du syndrome de fragilité tels que l'avancée en âge (responsable de la baisse des capacités fonctionnelles) et l'inactivité (responsable de la fonte musculaire et de risque de chutes). La personne âgée fragile sera particulièrement vulnérable lors de la survenue de stress : pathologies ou événements de vie qui pourraient avoir des conséquences désastreuses (décès). (Trivalle (2001))

#### 1.4. L'autonomie et la dépendance

Selon la définition du petit Robert, l'autonomie est la « capacité qu'a un individu de se gouverner lui même ». selon Benaim et al. (2005) la dépendance «est la conséquence d'une ou plusieurs incapacités, conséquence de déficiences, de maladies, conduisant à des limitations d'activité ou à des restrictions de participation. ».

#### 1.5. Les effets du vieillissement sur l'organisme

C'est un processus lent et progressif. Il s'accompagne d'une diminution des capacités fonctionnelles de l'organisme qui induit une diminution de la capacité de l'organisme à s'adapter aux situations d'agression (stress, infection, traumatisme...) (Camus, 1997).

##### 1.5.1. Le vieillissement musculaire

La perte de masse musculaire est généralement admise comme la principale cause de diminution de la force au cours du vieillissement. Selon Rolland et al (2008), Irwin Rosenberg aurait été, en 1989, le premier chercheur à donner un terme scientifique pour caractériser ce phénomène : la sarcopénie. Pour lui, cette dénomination concernait la diminution de la masse musculaire squelettique liée à l'âge. A l'heure actuelle, cette définition quantitative a évolué. Elle se caractérise par la diminution de la masse, de la force et de la qualité musculaire chez les personnes âgées. Cette diminution de masse musculaire est liée à la baisse en nombre et en taille des fibres musculaires (Jean Ginet, 1996). Selon Butler-Browne et Bigard (2006), la sarcopénie est considérée comme l'amyotrophie du vieillissement, l'altération des performances musculaires et une importante fatigabilité. La sarcopénie a des conséquences sur l'ensemble des fonctions musculaires. On estime à 5 % la perte de masse musculaire enregistrée sur une période de dix ans, à partir de 40 ans, avec une perte majorée après 65 ans. Avec l'âge, les contractions et le retour au repos des muscles deviennent plus lents, et les répétitions d'effort deviennent plus difficiles. L'activité physique va jouer un rôle important dans la préservation de la fonction musculaire (Vuillemin et al. (2002)). Cependant, l'arrêt de l'exercice aura pour conséquence l'annulation des effets positifs de l'entraînement.

##### 1.5.2. Le vieillissement du système nerveux

Les propriétés du système nerveux décroissent avec l'âge. On va observer un ralentissement de l'information nerveuse. Au niveau neuro-musculaire on note une perturbation des unités motrices de type 2 due à la diminution, après 60 ans, du nombre de motoneurons, accompagné d'une dégénérescence des axones correspondants (Duchateau et al., 2006). Cette observation permet d'expliquer en partie la perte de dextérité et de force chez le sujet âgé. On observe également une augmentation du temps de réaction, réduction modérée de mémoire par rapport aux informations nouvelles, baisse de l'attention (Renaud et al, 2005).

### 1.5.3. Le système cardio-vasculaire et respiratoire

Le vieillissement de l'organisme est associé à des modifications à la fois structurelles et fonctionnelles de l'arbre vasculaire. Le vieillissement vasculaire se traduit par un épaissement et une rigidification de la paroi des artères (artériosclérose) et peut avoir un retentissement sur la fonction cardiaque (Cottart et al., 2009). De plus on note une dégradation globale des fonctions du poumon (diminution de la capacité pulmonaire totale et une capacité vitale car la perméabilité de la membrane alvéolo-capillaire baisse et a pour conséquence une teneur en oxygène du sang artériel plus faible) (Guenard et al, 2004).

### 1.5.4. le système locomoteur

Grosshans et al. (1997) ont défini 3 causes principales de troubles de la marche : les régressions psychomotrices, les affections orthopédiques (arthrose, limitations articulaires) et les atteintes neurologiques (accidents vasculaires cérébraux, neuropathies périphériques). Selon eux, le moindre déficit tel que la diminution de la flexion dorsale de la cheville représentera une anomalie du schéma de la station debout et de la marche. De plus, ce léger déficit brise l'harmonie et est un facteur de risque de chute reconnu.

## 2. L'ostéoporose

### 2.1. L'ostéoporose en chiffres

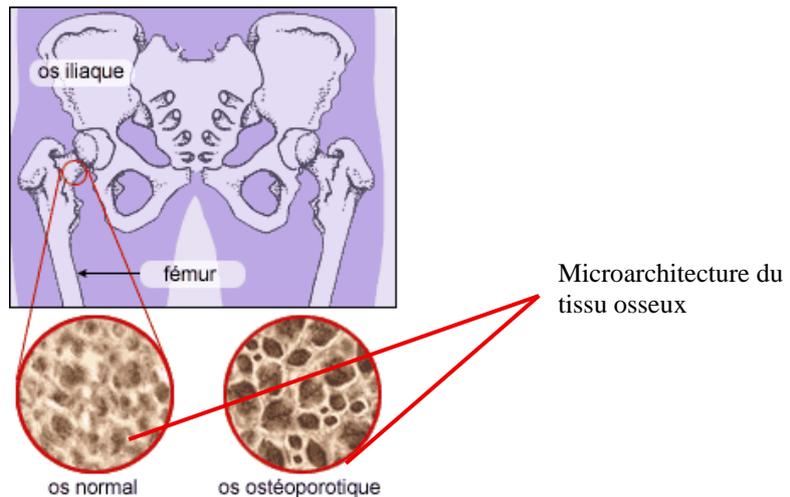
C'est la maladie chronique la plus fréquente au monde. Cette fréquence augmente en raison de nos habitudes de vie, et du vieillissement de la population. L'incidence des fractures ostéoporotiques augmentent régulièrement. Les conséquences individuelles, sociales et économiques nous montrent qu'il s'agit d'un réel problème de santé public.

### 2.2. Définition

Selon l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé), « L'ostéoporose est une maladie généralisée du squelette, caractérisée par une densité osseuse basse et des altérations de la microarchitecture osseuse, responsable d'une fragilité osseuse exagérée et donc d'un risque élevé de fracture. » (figure 1).

En général les auteurs préfèrent différencier l'ostéopénie (faible densité au regard de l'âge considéré) et l'ostéoporose (terme utilisé après la survenue d'une fracture).

L'OMS définit l'Ostéoporose en prenant pour seul critère la densité de l'os (évaluation densitométrique) qui rend compte de la masse de tissu osseux par  $\text{cm}^3$  d'os. Ce procédé permet un diagnostic précoce, c'est à dire une détection de la maladie avant la première fracture et permet la mise en place de stratégies de prévention (médication & activité physique). De plus, les études montrent que la densité minérale osseuse (DMO) est le déterminant essentiel de la fragilité osseuse. Depuis 1994, la définition de l'ostéoporose proposée par l'OMS est devenue une définition internationale (Roux, 2006). Cependant, cette définition s'applique seulement après avoir éliminé les autres causes d'ostéopathie (ex : ostéomalacie).



**Figure 1** : Comparaison d'un os normal et d'un os ostéoporotique au niveau d'une coupe transversale du col du fémur.

### 2.3. L'ostéoporose primitive commune

On peut distinguer deux types d'ostéoporose primitive : l'ostéoporose post-ménopausique ou de type 1 et l'ostéoporose sénile ou de type 2 (Meunier, 2005). L'ostéoporose post-ménopausique débute après la ménopause chez la femme (plus tardivement chez l'homme) et se caractérise par une réduction de la masse osseuse trabéculaire, entraînant des risques de fracture du poignet et des vertèbres. La cause principale est la baisse de production d'hormones appelées œstrogènes qui provoquent une fragilité osseuse. L'ostéoporose sénile apparaît vers l'âge de 70 ans chez la femme et se caractérise par une réduction de la masse osseuse trabéculaire et corticale. L'ostéoporose de type 1 sera prise comme type de description.

Différents éléments entrent en jeu dans la perte osseuse provoquant l'ostéoporose de type 1. Tout d'abord, la carence œstrogénique joue, dans les deux sexes, un rôle déterminant dans les mécanismes de la perte osseuse liée au vieillissement (Fontana et Delmas, 2001). L'arrêt brutal à la ménopause de la sécrétion œstrogénique ovarienne est responsable, chez la femme, d'une accélération du remodelage osseux ayant pour conséquences l'amincissement des corticales et des travées osseuses. Ces mécanismes expliquent la baisse de la DMO et l'altération de la microarchitecture corticale et trabéculaire (Allanore, 1998). De plus, les œstrogènes sont un des éléments responsables de la production de RANK (Recepteur activateur de NF-KappaB), de RANKL (Ligand du Recepteur activateur de NF-KappaB) et d'OPG (ostéoprogétérine). Le système RANK/RANKL/OPG joue un rôle majeur dans l'activation des ostéoclastes (cellules responsables de la résorption osseuse) ou dans leur inhibition. En effet, la liaison de RANKL à son récepteur RANK permet une survie des ostéoclastes. Les ostéoblastes produisent de l'OPG qui se lie au RANKL et inhibe l'ostéoclastogenèse (Marie et Halbout, 2008). Il y a donc régulation du remodelage. Cependant, cette régulation dépend de la production des hormones et des facteurs régulateurs du remodelage osseux. La diminution en œstrogène et en cytokine provoque ainsi la non inhibition des ostéoclastes et donc une plus forte résorption.

Ensuite, il existe des facteurs anthropométriques. En effet, le poids est un déterminant important de la DMO. Les femmes ostéoporotiques sont souvent de petite taille et ont un poids faible. Cependant, l'augmentation de l'IMC (indice de masse corporelle) a pour conséquence une augmentation du risque fracturaire (Benhamou et Dargent, 2006). En outre,

l'aspect nutritionnel est également à prendre en compte car les apports calciques alimentaires faibles, des taux bas de vitamine D (insuffisance d'exposition au soleil) freinent la croissance osseuse et favorisent la perte osseuse à l'âge adulte (Fontana et Delmas, 2001). Enfin, il en est de même du tabagisme et de l'alcoolisme qui sont des facteurs aggravant de l'ostéoporose (Benhamou et Dargent, 2006) . La figure 2 résume en quelques mots les principaux facteurs de risque les plus rencontrés dans l'ostéoporose.

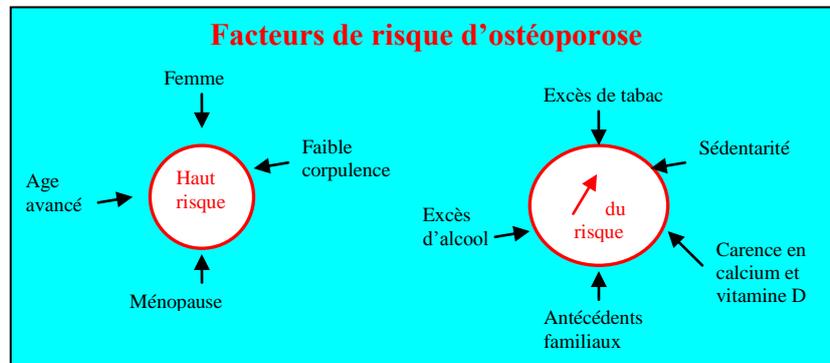


Figure 2 : Facteurs de risque d'ostéoporose.

#### 2.4. Manifestations cliniques

L'ostéoporose non compliquée de fracture est asymptomatique. Les premiers signes d'une ostéoporose peuvent être des douleurs dorsales. La survenue de douleurs est donc considérée comme une complication de l'ostéoporose. Les douleurs peuvent être liées aux déformations et aux tassements vertébraux. Ceux-ci, de progressions lentes et constantes, entraînent une diminution de la taille de la colonne vertébrale et peuvent provoquer des rachialgies chroniques. Ce changement morphologique provoque également des modifications de la répartition des contraintes (Binoche et Martineau, 2005).

#### 2.5. L'examen de dépistage

Différentes techniques sont utilisées pour diagnostiquer un cas d'ostéoporose (Kotzki, 1998 et Jeger 2002). Cette partie abordera la technique de référence : l'absorptiométrie biphotonique aux rayons X (DEXA). Les autres techniques seront brièvement décrites puis comparées à la technique de référence dans l'annexe 1.

L'absorptiométrie biphotonique aux rayons X, également appelé DEXA (ou encore DXA). Cette méthode mesure la densité du tissu minéralisé. Pour cela, elle utilise deux faisceaux de rayons X d'énergie différente et permet la mesure de la DMO en de nombreux sites squelettiques dont le contenu respectif en os cortical et en os trabéculaire est différent. La mesure de la DMO doit être réalisée en deux sites : le rachis lombaire et la hanche. Aux alentours de la ménopause, le site lombaire est particulièrement intéressant car la perte osseuse prédomine au rachis. Cependant après 65-70 ans les rhumatologues préféreront le site fémoral car le site lombaire peut être artificiellement augmenté par des lésions arthrosiques.

La DEXA détermine la densité minérale osseuse, également appelée BMD pour Bone Mineral Density, en g/cm<sup>2</sup>. Elle détermine le Z-score (nombre d'écart types entre la valeur du sujet et la valeur moyenne des adultes de même sexe et même âge car 95 % des individus ont une valeur de densité située entre Z = +2 et Z = -2) et le T-score (nombre d'écart types entre la valeur du sujet et la valeur moyenne des adultes jeunes de même sexe et même âge). L'OMS

préfère se référer au T score (tableau 1), c'est-à-dire à la population des sujets jeunes. Cependant, cette définition est critiquable car elle introduit le risque fracturaire entre personnes saines et pathologiques, alors que l'absorptiométrie fournit essentiellement une information sur le risque de fracture.

Tableau 1 : Définition ostéodensitométrique de l'ostéoporose, selon l'OMS

<b>Normalité</b>	DMO supérieurs à un écart-type en dessous de la moyenne des sujets jeunes.
<b>Ostéopénie</b>	DMO comprise entre 1 et 2,5 écart-types en dessous de la moyenne des adultes jeunes.
<b>Ostéoporose</b>	DMO inférieure à 2,5 écart-types en dessous de la moyenne des adultes jeunes.
<b>Ostéoporose sévère</b>	DMO inférieure à 2,5 écart-types en dessous de la moyenne des adultes jeunes, avec existence d'une ou plusieurs fractures.

Cette technique est préférée car de la DXA a un temps d'examen d'environ 20 minutes, une faible irradiation, une exactitude de la mesure (5 à 8 % d'erreur) et une reproductibilité (1 à 3 %) satisfaisantes.

## 2.6. Signes morphologiques

Au cours de l'évolution d'une ostéoporose sévère, il n'est pas rare que la posture corporelle change (figures 3 et 4). Les déformations de la colonne vertébrale causent l'apparition d'un «dos rond». La colonne thoracique se cambre exagérément vers l'arrière et la colonne lombaire vers l'avant. La peau du dos pend en plis flasques, on parle de «phénomène du sapin» (figure 3). Au niveau des cyphoses, on va observer chez certaines femmes âgées ostéoporotiques une bosse à la jonction des colonnes cervicale et dorsale appelée dans le langage courant « bosse cervicodorsale de la veuve » ou « bosse de bison » (figure 4).

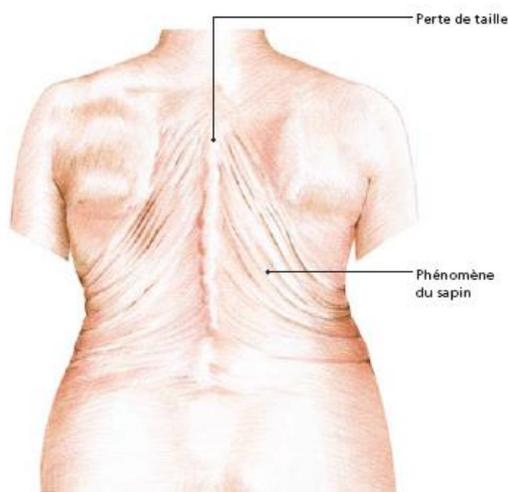


Figure 3 : Vue dorsale des conséquences morphologiques de l'ostéoporose.

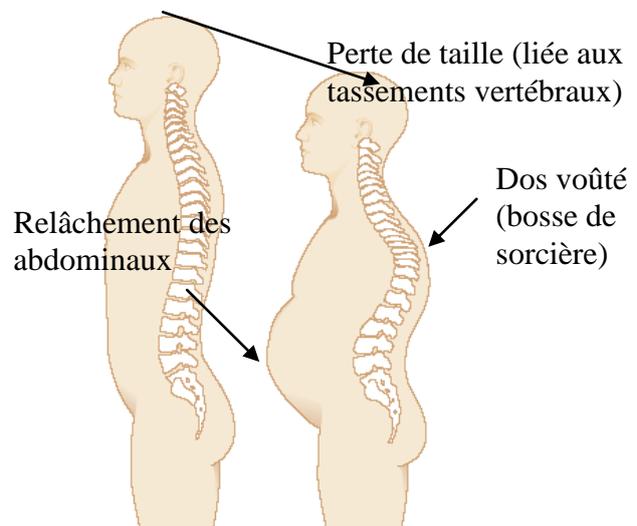


Figure 4 : Vue latérale des conséquences morphologiques de l'ostéoporose.

## 2.7. Les fractures

L'ostéoporose fragilise tous les os, cependant, certaines parties du squelette sont plus fréquemment touchées : le col du fémur, l'avant bras, l'humérus, le bassin. De plus, le nombre de fracture augmente avec l'âge.

## 2.8. Facteurs de risque

Le risque de fracture correspond à la probabilité d'avoir une fracture sur une période donnée et la diminution de la DMO est jugée comme le déterminant principal du risque de fracture ostéoporotique. Ce risque repose sur la combinaison des facteurs de risque suivants (figure 5)

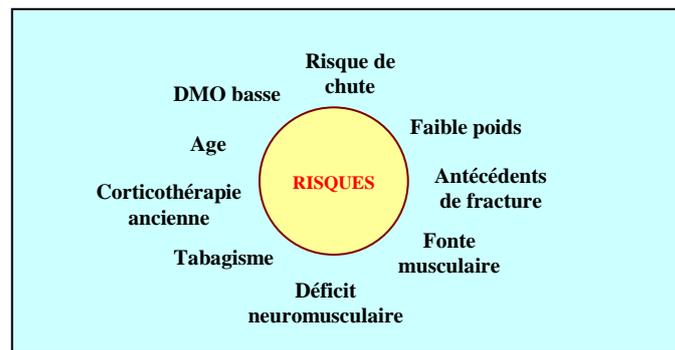


Figure 5 : Facteurs de risque Fracturaire.

Les études épidémiologiques montrent qu'une diminution d'un écart-type de la DMO par rapport à la moyenne pour l'âge, multiplie par deux le risque de fracture. (Benhamou et Dargent, 2007). Un antécédent de fracture ostéoporotique, quel qu'en soit le site, augmente significativement le risque de survenue d'une nouvelle fracture, indépendamment de la valeur de la DMO, et cette augmentation est proportionnelle au nombre initial de fractures.

## 2.9. Les traitements possibles

### 2.9.1. Les traitements médicamenteux

Il existe des médicaments « stabilisateurs d'os » tels que les biphosphanates, le raloxifène, le téraparatide, le ranélate, la calcitonine et les traitements hormonaux. Ils seront décrits dans l'annexe 2.

### 2.9.2. Les traitements non médicamenteux

#### 2.9.2.1. L'alimentation

Le calcium et la vitamine D sont des composants de base indispensables à tout traitement de l'ostéoporose. C'est pourquoi les patients atteints d'ostéoporose doivent s'assurer d'un apport journalier suffisant de ces deux substances (Deprez X., 2006).

#### 2.9.2.2. L'activité physique

Il y a des bénéfices osseux de l'exercice physique à tous les âges. Il est important d'inciter la personne ostéoporotique à pratiquer une activité physique et plus particulièrement une activité de résistance plutôt que d'endurance. En effet la pratique en résistance permet la formation de cellules osseuses (Deprez X., 2006). Le bénéfice est obtenu pour une pratique physique de 2 à 4 heures par semaines pendant au moins 6 mois (Beaudreuil J., 2006), ce qui pourrait être un

facteur limitant à cause du manque d'engagement des personnes âgées dans une activité de longue durée.

### 3. L'équilibre et la marche chez la personne âgée

#### 3.1. l'équilibre

##### 3.1.1. Définition

Selon les lois de la physique mécanique Newtonienne, l'équilibre d'un système mécanique est accompli lorsque la somme des forces et des moments de force agissant en tout point sur celui-ci sont nulles. En ce sens, le corps peut être considéré comme un pendule inversé réagissant à des forces externes comme la gravité au moyen de forces sous contrôle des systèmes nerveux et musculo-squelettiques (Kemoun, 2001). La fonction d'équilibration est définie comme l'ensemble des mécanismes qui concourent au maintien de la station debout. Il dépend de la vision, du système vestibulaire, de la proprioception plantaire et des muscles.

##### 3.1.2. le contrôle postural

Selon Thoumie P. (2003), le contrôle de l'équilibre fait appel à :

- Des effecteurs musculaires : Ils sont répartis sur l'ensemble de la musculature. Pour assurer l'équilibre, les muscles exercent des forces soit de façon passive (composante viscoélastique), soit de façon active par recrutement de fibres musculaires.
- Des afférences périphériques : Il s'agit d'afférences proprioceptives (neuromusculaires), extéroceptives (cutanées), labyrinthiques (système vestibulaire) et visuelles. Il existe un délai d'activation lors d'un déséquilibre. Ce sont les afférences du système vestibulaire qui répondent le plus rapidement (75ms) que les afférences visuelles (100ms).
- Des centres régulateurs : Les ganglions de la base, les noyaux vestibulaires et le tronc cérébral sont les centres régulateurs des ajustements posturaux par le biais de l'anticipation (feedforward) et de boucle de rétroaction (feedback).

##### 3.1.3. L'impact du vieillissement

L'avancée en âge induit des anomalies sur les afférences, les centres régulateurs et les effecteurs. Les études de Baloh et al. (2003) et Woollacott et al. (2000, 2002) ont montré une diminution globale des éléments intervenant dans la régulation de la posture et de l'équilibre ainsi qu'une augmentation de la charge attentionnelle pour une même tâche à des âges différents. Pour exemple, la baisse de l'acuité visuelle et la diminution de la capacité d'accommodation provoque une majoration des oscillations du corps (Thoumie 2003).

##### 3.1.4. l'évaluation de l'équilibre.

L'évaluation de l'équilibre permet de détecter les sujets âgés à risque de chute et d'éviter les accidents et les risques de fracture. Il existe différents tests, nous en verrons trois parmi les principaux : la posturographie, le test unipodal et le test de Romberg.

###### 3.1.4.1. La posturographie

Afin de caractériser l'équilibre, il existe une méthode instrumentale simple : la posturographie. Il s'agit de l'utilisation d'une plate-forme de force pour quantifier les oscillations du centre de pression lors du maintien de la posture orthostatique. Le sujet passe d'abord en condition yeux ouverts puis en conditions yeux fermés. Comme la fermeture des

yeux majore la surface d'oscillation, le rapport entre les 2 conditions s'appelle le coefficient de Romberg (Thoumie, 2003).

Les principaux paramètres étudiés sont également :

- le déplacement du CP dans les axes antéro-postérieur et latéral pour déterminer le spectre de puissance et le degré d'intercorrélation entre les 2 paramètres.
- la surface de l'ellipse correspondant à 85 à 95% des points.

#### 3.1.4.2. Le test unipodal

Le test unipodal est un test simple à mettre en place. Le patient doit lever une jambe le plus longtemps possible, puis il effectue la même consigne pour l'autre jambe. Le temps est relevé pour chaque jambe. Si le résultat est inférieur à 30 secondes la personne est à risque de chute et si le résultat est inférieur à 5 secondes la personne est à très grand risque de chute, un prise en charge spécialisée sera alors recommandée.

#### 3.1.4.2. Le test de Romberg sensibilisé

Ce test étudie la projection des centres de pressions au sol, yeux ouverts ou yeux fermés. Dans notre étude, les membres inférieurs sont placés l'un derrière l'autre selon une ligne antéro postérieure afin de réduire de façon importante la largeur du polygone de sustentation au bénéfice de sa longueur. Dans cette position le contrôle postural antéro postérieur est régulé par l'articulation des hanches tandis que le contrôle latéral est régulé par l'articulation des chevilles (Winter et al., 1996). Ce test permet ainsi d'observer les stratégies d'équilibration.

### 3.2. La marche

#### 3.2.1. Un peu d'histoire

La marche est un domaine très ancien et le plus étudié en biomécanique. C'est grâce aux travaux de Muybridge et de Marey que les premières techniques d'analyse de la marche ont été réalisées. Au départ l'étude de la marche normale était décrite d'un point de vue global grâce à la position du centre de gravité au cours du temps.

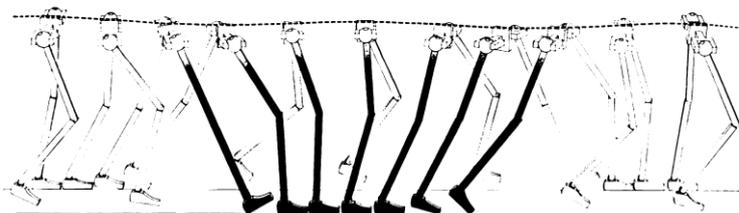


Figure 6 : Mouvement du centre de gravité lors de la marche humaine (Saunders et al., 1953)

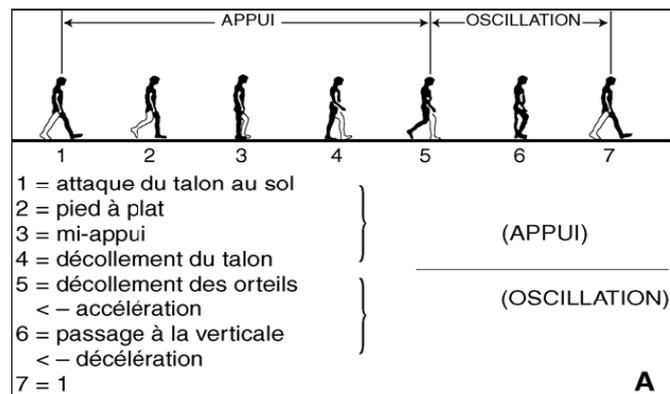
#### 3.2.2. Définition

La marche est une succession de mouvements cycliques répétitifs qui comprend des déplacements dans les 3 plans de l'espace, avec une consommation énergétique minimum (L'observatoire du mouvement, avril 2004) et fortement automatisée. C'est un mode de déplacement durant lequel le sujet a toujours un pied d'appui ou un contact avec le sol. Selon Perry (1992), il s'agit d'une répétition de séquences des segments corporels afin de déplacer

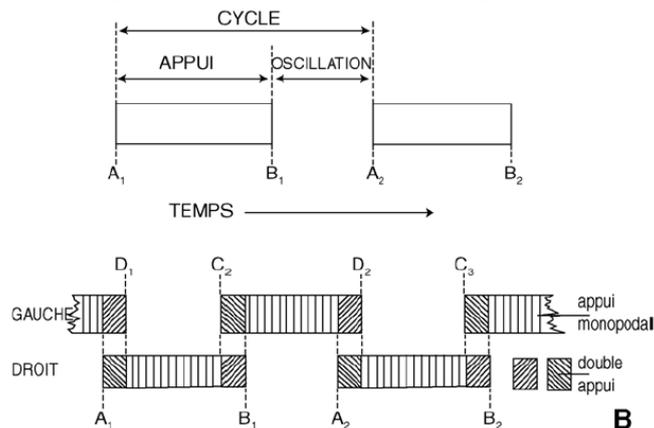
le corps vers l'avant tout en maintenant l'équilibre. De plus, cette activité peut également être décomposée en succession de cycles comportant plusieurs phases.

### 3.2.3. le cycle de marche

La marche est composée de l'alternance d'une phase d'appui (pied au contact du sol) et d'une phase d'oscillation ou de balancement. On appelle cette alternance le cycle de marche. (figure 7).



A. Séquences temporelles des événements des deux phases du cycle d'un membre.



B. Phase temporelle du cycle d'un membre.

Figure 6 : Séquences temporelles du cycle dans la marche bipède (Azulay et al. 2005).

Afin de décrire les différentes phases, le point d'origine du temps est l'instant du premier contact du talon avec le sol (0%) et la fin du cycle correspond à l'instant du deuxième contact du même talon avec le sol (100%). La phase d'appui et la phase d'oscillation représentent respectivement 60 et 40 % du cycle, la durée de la phase de double appui étant environ de 10%.

Selon Perry (1992), on distingue :

- La phase de mise en charge

Elle correspond au contact initial du pied avec le sol et se détermine par le lever du pied opposé. Cette phase s'étend de 0 à 10% du cycle de marche. Il s'agit du premier appui bipodal. Son but est de transférer le poids vers la jambe en phase d'appui, d'absorber les chocs et de conserver la vitesse de marche et maintenir l'équilibre.

- La phase de milieu d'appui

Cette phase correspond à la première partie de l'appui unipodal et s'étend de 10 à 30% du cycle de marche. Elle permet au corps d'avancer au dessus du pied en appui et se termine lorsque le centre de gravité du corps est aligné au dessus de l'avant du pied.

- La phase de fin d'appui

Cette phase correspond à la seconde partie de l'appui unipodal et s'étend de 30 à 50% du cycle de marche. On observe l'avancée du corps jusqu'au contact du pied avancé avec le sol.

- La phase pré-oscillante

Elle correspond au deuxième appui bipodal (le premier étant lors de la mise en charge) et s'étend de 50 à 60% du cycle de marche. Son rôle est de permettre la propulsion du corps vers l'avant. On observe également un transfert de poids vers la jambe en phase d'appui.

- La phase de début d'oscillation

Il s'agit du premier tiers de la phase oscillante. Elle correspond à 60 à 73% du cycle de marche et se termine lorsque le pied passe à côté du pied controlatéral.

- La phase de milieu d'oscillation

Elle correspond au deuxième tiers de la phase oscillante et se termine lorsque le tibia est à la verticale. Elle s'étend de 73 à 86% du cycle de marche.

- La phase de fin d'oscillation

Elle correspond au dernier tiers de la phase oscillante (86 à 100% du cycle de marche).

Le rôle de la phase oscillante (60 à 100%) est de permettre l'avancée du membre oscillant sans que l'autre membre ne rentre en contact avec le sol. Ce découpage en phase est utilisé en analyse du mouvement comme une base, un référentiel de discussion, permettant, entre autre, de pouvoir plus facilement comparer les études s'intéressants à la marche humaine.

D'autres paramètres sont également étudiés :

- la vitesse de déplacement (m/s),
- la cadence (pas/min),
- les temps d'appui droits et gauches,
- les temps du double appui,
- la largeur du pas,
- la longueur du pas.

Pour exemple, la cadence d'un sujet sain est d'environ 140 pas/min avec un temps d'appui de 0,43s contre 109 à 103 pas/min chez une personne âgée avec une différence de temps d'appui entre les jambes droites (0,58s) et gauches (0,55s) (Toulotte, 2003).

### 3.2.4. l'analyse de la marche

Afin de comprendre la fonction de chaque mouvement des segments du corps pendant la marche, il est possible d'effectuer une analyse tridimensionnelle de la marche. Le rôle de chaque mouvement est alors compris grâce aux relations entre les données anatomiques, cinématiques et cinétiques. Quatre fonctions de la marche ont été décrites par Perry (1992) :

- la propulsion/progression,
- l'équilibre,
- l'absorption des chocs
- et la conservation de l'énergie.

En outre, Perry (1992) a également déterminé la progression de la marche par un système de 3 pivots au niveau du pied et de la cheville. Les 3 pivots s'effectuent autour du talon, de la cheville et de l'avant pied.

Cependant, il existe un grand nombre de pathologie qui altère la marche et provoque des déficits tels que des douleurs, des déformations, des faiblesses musculaires et des problèmes de contrôle musculaire (Perry 1992).

La marche et la course peuvent être déterminées comme une translation du corps comportant des mouvements de rotations articulaires (Buisset, 2002). L'évolution des valeurs angulaires est mesurée au niveau de la hanche, du genou et de la cheville puis elle est représentées sous forme graphique (Veil et al., 2000) dans les trois plans de l'espace (sagittal, frontal et transversal). Le plan sagittal nous renseigne sur la flexion/extension, tandis que le plan frontal nous renseigne sur l'abduction/adduction, et le plan transversal nous indique les rotations. Les angles segmentaires ont été décrit pour la marche normale dans la littérature (Harris et Smith, 1996). Ainsi la cinématique permet d'évaluer le déficit d'un sujet pathologique par rapport à un groupe contrôle de valides (Buisset, 2002).

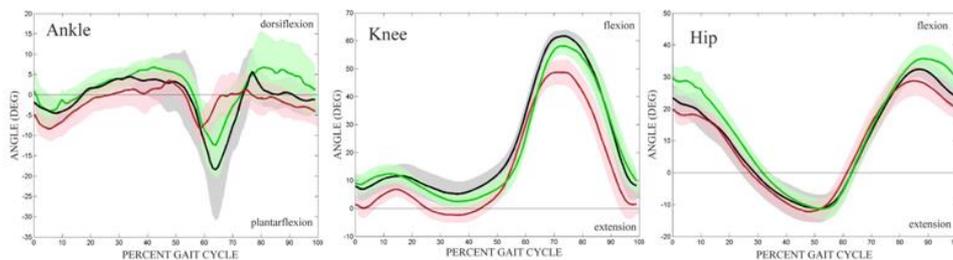


Figure 8 : Cinématique de la cheville, du genou et de la hanche dans le plan sagittal lors d'un cycle de marche chez 3 groupes (noir : contrôle, vert : sain, rouge : facultés affaiblies. L'ombragé correspond à l'écart type). (Neckel et al., 2008).

La cinétique est un calcul mathématique des contraintes physique permis, par exemple en dynamique inverse, par l'utilisation des forces appliquées sur une plateforme de force et les données cinématiques. Ce calcul permet d'obtenir les moments articulaires (figure 9) et les puissances (figure 10) dans les 3 plans de l'espace (Veil et al. 2000). Le moment articulaire permet de connaître le groupe musculaire principalement responsable du mouvement observé au niveau d'une articulation dans les trois axes du mouvement. Tandis que la puissance renseigne sur le type de contraction musculaire : Soit le groupe musculaire génère de l'énergie (contraction excentrique), soit il absorbe de l'énergie (contraction excentrique), soit l'énergie est nulle (contraction isométrique). (Armand (2005)). Dans les laboratoires de marche, les moments sont généralement normalisés selon le poids du sujet et s'exprime en Nm/Kg.

Cependant, dans cette étude portant sur le Qi Gong, cette normalisation n'a pas été effectuée faute de temps.

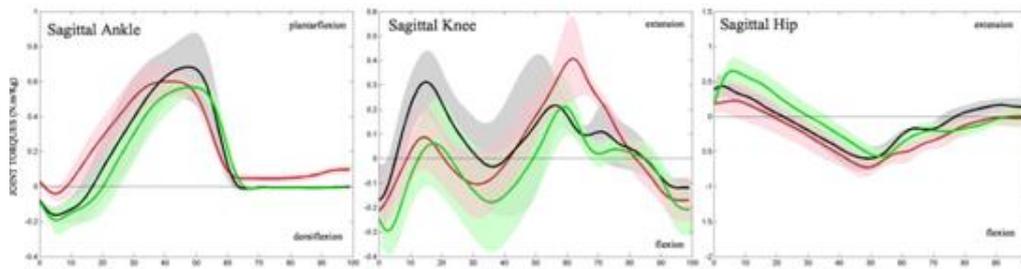


Figure 9 : Moments de la cheville, du genou et de la hanche dans le plan sagittal lors d'un cycle de marche chez 3 groupes (noir : contrôle, vert : sain, rouge : facultés affaiblies. L'ombragé correspond à l'écart type). (Neckel et al., 2008).

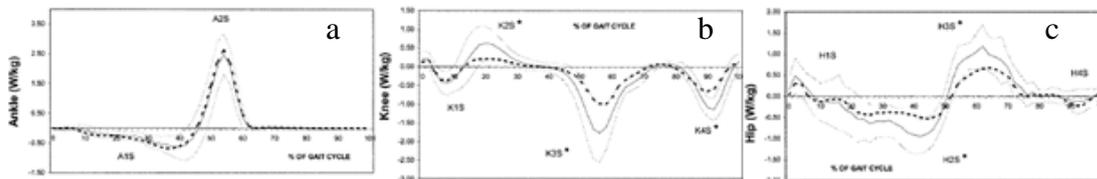


Figure 10 : Puissance au niveau de la cheville (a), du genou (b) et de la hanche (c) dans le plan sagittal (Watelain et al. 2001)

### 3.2.5. l'effet du vieillissement sur la marche

Avec l'âge, on voit apparaître des anomalies de la marche et leur fréquence est liée à l'âge de la même façon que pour les troubles de l'équilibre. Ce sont les chutes qui viennent généralement révéler la difficulté à marcher. En effet, cela concerne 1/3 des personnes âgées vivant à domicile chaque année (Strubel, 1994).

La sénescence de l'appareil locomoteur et du système nerveux influencent la marche. D'après Strubel (1994) et Kemoun et al. (1994), on remarque :

- une réduction de la vitesse de marche due à la diminution de la longueur de pas sans changement de cadence,
- une diminution de la longueur du pas,
- la largeur et l'angle du pas sont augmentés,
- l'attaque du pied se fait plus à plat et la force diminue,
- une réduction de la durée de la phase d'appui unipodal et l'allongement de la phase d'appui bipodal,
- une réduction de l'amplitude des mouvements des chevilles, des genoux et des hanches,
- une posture en légère flexion du tronc,
- un besoin d'attention à la marche avec un regard fixé à proximité des pieds.

Ces changements doivent rendre la marche plus sécuritaire et moins déséquilibrante que chez le jeune adulte (Kemoun et al. 1994).

## 4. La chute

### 4.1. Définition

C'est l'« action de tomber, de perdre l'équilibre, d'être entraîné vers le sol » (dictionnaire Larousse 2009).

Dans le domaine clinique, la chute correspond à l'action de tomber au sol indépendamment de sa volonté. Les chutes provoquées par des facteurs tels qu'un accident vasculaire cérébral, un accident de la route, une perte de connaissance sont le plus souvent exclues de la définition de la chute chez la personne âgée (INSERM, 1996). On parle de chute idiopathique où n'étant pas la conséquence d'un phénomène physique externe au sujet.

### 4.2. Effet du vieillissement

Le vieillissement provoque l'augmentation des risques de chute. En effet, les capacités posturales et de marche de la personne âgée diminuent de façon plus ou moins importante selon leur état de santé.

Un tiers des sujets de plus de 65 ans et la moitié de ceux de plus de 85 ans font au moins une chute voire plus par an. C'est un facteur d'entrée dans la dépendance (40% entrent en institution, 12000 décès en France / an dus aux chutes).

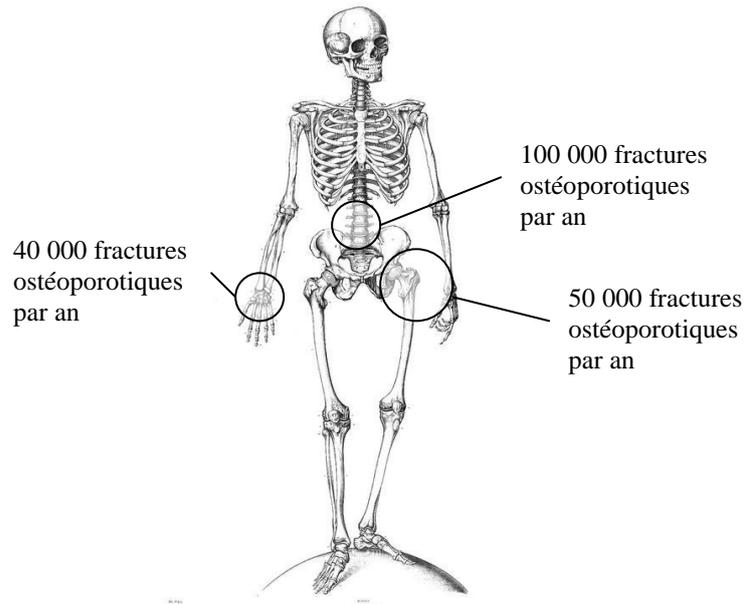
Elle peut être la conséquence d'une perte de l'équilibre (diminution des mécanismes d'adaptation), d'une affection aiguë, d'un effet indésirable d'un médicament (sommolence, hypotension) ou un appel à l'aide (Toulotte C., 2003).

### 4.3. Risques de chute

D'après Lord (1995), le risque de chute augmente selon l'état fonctionnel de la vue, des systèmes neuro-sensoriels, du système vestibulaire, de la force musculaire, et du temps de réaction. C'est l'association de micro déficience entre ses différents systèmes qui peut aboutir à une chute. En ce sens la chute compte 2 temps : le déséquilibre et l'absence de mécanisme compensateur afin de rétablir son équilibre et d'éviter la chute.

### 4.4. Les conséquences de la chute chez la personne âgée ostéoporotique

La chute chez la personne ostéoporotique est plus grave que chez la personne saine et entraîne souvent une fracture. Les 3 sites les plus fréquemment touchés sont, à partir de 50 ans pour le poignet, 60 ans pour les vertèbres et 75 ans pour le col du fémur (figure X), mais tous les autres sites sont possibles (humérus, côtes, bassin, pied...) à l'exception du crâne, du rachis cervical, des doigts et des orteils ainsi que de la cheville qui sont très souvent épargnés.



**Figure 11** : Localisations principales des lieux de fractures chez la personne âgée (cercles) et estimation annuelle du nombre de fracture par site.

Par conséquent, la personne vieillissante risque, suite à une chute, de refuser toute activité physique. En effet, le comité scientifique de Kino-Québec a montré que la peur de tomber est l'une des raisons invoquées par les personnes de plus de 65 ans pour ne pas faire d'activité physique. Alors que l'activité physique favorise le développement de la flexibilité, de la force et de l'endurance musculaires. En outre, Elle permet de maintenir un meilleur équilibre et donc de limiter les risques de chute.

## 5. L'activité physique chez la personne âgée ostéoporotique

### 5.1. L'activité physique après la ménopause

Plusieurs études scientifiques (Blain et al., 2000 ; Fabre et al., 2003 ; Paterson et al., 2007) ont montré que la pratique d'une activité physique permettait au minimum de maintenir la condition physique de la personne vieillissante voire de l'améliorer. En effet, l'exercice physique compense les effets dus au déconditionnement et participe au maintien de la condition physique, de l'autonomie fonctionnelle, et de la qualité de vie (Rejeski et Mihalko, 2001 ; Spirduso et Cronin, 2001).

### 5.2. Les effets de l'activité physique sur l'ostéoporose

De nombreuses études (Rutherford , 1997 ; Kemmler et al., 2004 ; Deprez, 2006...) suggèrent le rôle bénéfique de l'exercice physique sur la masse osseuse. Malgré une hétérogénéité élevée des travaux (méthodologie, types d'activités, populations étudiées, durée de l'entraînement...), il apparaît que les activités physiques sont capables de ralentir la perte osseuse postménopausique.

Les exercices physiques ne s'accompagnant pas d'impact avec le sol (cyclisme, ski de fond, natation...), sont beaucoup moins ostéogéniques (Deprez, 2006). Ainsi, la pratique régulière d'exercices physiques accompagnés d'impacts intenses et d'efforts brefs mais répétés (course à pieds, step, gymnastique, danse) peut ainsi être conseillée pour ralentir la perte osseuse,

notamment au niveau du rachis. D'après Kerr (1996), les exercices de renforcement musculaire auraient un pouvoir ostéogénique vis-à-vis des structures osseuses qu'ils sollicitent électivement car elles sont exposées à des contraintes mécaniques. Chien et al. En 2000, ont montré que 30 minutes de marche à 70% de VO<sub>2</sub>max sur tapis roulant suivi de 10 minutes de renforcement musculaire à l'aide d'une bande élastique, à raison de trois fois par semaine pendant 24 semaines, semblent bénéfiques à la fois en termes de DMO lombaire (+2,0% (p> 0,05)) et fémorale (6,8% (p< 0,05)) chez des femmes déjà ostéopéniques alors que le groupe témoin a vu sa DMO baissé. La marche est une activité plus facile à mettre en place. Cependant, pour que marcher soit «efficace» sur le plan osseux, il faut très certainement un rythme soutenu. Ainsi, pour Hatori et al (1993), 30 minutes de marche à pas rapides, trois fois/semaine, permet en sept mois, d'obtenir une élévation de la DMO lombaire (DEXA) de +1,1 ± 2,9 % tandis que celle du groupe témoin ne pratiquant pas baisse de 1,7 ± 2,7 % (p < 0,05). Enfin les activités lentes telles que le tai chi chuan ne montre pas d'amélioration de la densité osseuse (Deprez 2006) mais pourrait avoir un rôle sur les fonctions d'équilibre.

### 5.3. Activité physique, prévention des chutes et ostéoporose

L'objectif principal de la prise en charge de l'ostéoporose est de limiter le risque de fracture. La mise en place d'une stratégie de prévention vis-à-vis des chutes, nécessite l'identification des principaux facteurs de risque, de dépister les sujets potentiellement chuteurs et d'établir des stratégies correctives.

Chez les sujets sains, Barnett (2003) a montré une diminution de la fréquence de chute de 40% des plus de 65 ans pratiquant de l'activité physique grâce à l'amélioration de l'équilibre. Dans le cadre de l'ostéoporose, la marche est également bénéfique dans le cadre de la prévention des chutes et de l'ostéoporose (4 heures par semaine) car elle préserve l'équilibre et l'intégrité osseuse (Feskanich (2002)). De même l'utilisation de plate-forme vibrante permet de diminuer le risque de chute (Bogaerts et al, 2007) et aide à la prévention de l'ostéoporose (Verschueren et al., 2004). Le tai chi chuan donne des résultats concluants dans le cadre de la prévention des chutes (Li et al., 2004) car il permet une amélioration de la stabilité posturale (Skelton 2001). En effet, Le Tai Chi Chuan est un art martial chinois, qui est surtout connu pour son action bénéfique sur la santé, l'équilibre et la concentration.

Sachant que le Qi Gong a des points communs avec le Tai Chi Chuan, on peut se demander qu'elle serait son action sur la prévention des chutes et de l'ostéoporose ? En effet, le Qi Gong est une activité beaucoup plus interne que le Tai Chi Chuan. Yang et al (2007) nous informe que les exercices d'intégration entre le corps et l'esprit en position debout ou assis peuvent être importants dans l'attention croissante des mouvements posturaux, de renforcer les mécanismes neuronaux pour un meilleur équilibre et de renforcer la musculature de base. Yang et al. indiquent également que les mouvements fondamentaux du tai chi chuan reposent sur le renforcement de la musculature. En ce sens, le Qi Gong semble autant bénéfique que le Tai Chi Chuan et peut être plus adapté au travail de l'équilibre chez la personne âgée (pratique beaucoup plus lente que le Tai Chi Chuan).

### 5.4. Le Qi gong

#### 5.4.1. Un peu d'histoire

Le Qi Gong (ou Chi Gong ou Chi Kung) est une gymnastique traditionnelle chinoise qui fait partie de la médecine chinoise au même titre que les massages et l'acupuncture. (Krasensky 2001).

#### 5.4.2. Définition

Il est difficile de donner une définition exhaustive du qi gong car il existe une multitude de courant et d'école. Nous nous baserons donc sur une définition globale. Selon Dong et Esser (1990), « le Qi Gong est un système ancien chinois de la respiration ou de l'énergie vitale qui exerce le contrôle de l'esprit et qui a un effet positive sur la santé ».

#### 5.4.3. Objectifs

L'objectif premier du Qi Gong est la maîtrise de la circulation de l'énergie dans le corps par des mouvements doux. Il permet donc de réguler l'équilibre du corps et de le charger en énergie positive tout en chassant l'énergie négative (Krasensky 2001). D'ailleurs, Qi en chinois signifie l'énergie, le souffle et Gong signifie le mouvement, le travail, l'effort. Le terme Qi Gong signifie donc faire mouvoir l'énergie. On peut donc en quelque sorte considérer le Qi Gong comme un outil de santé.

Le Qi Gong nécessite une concentration sur 3 points : le contrôle mental, le contrôle respiratoire et le contrôle de la précision du mouvement (Tsang et al., 2002). Il est accessible à tous, quelque soit l'âge et l'état physique et ne requière aucun équipement spécifique (Posadzki P., 2009).

Il ne faut pas confondre le Tai Chi Chuan avec le Qi Gong. Le Qi Gong est une gymnastique thérapeutique qui favorise la santé (la circulation de l'énergie et son équilibre dans les organes améliore l'état de santé) alors que le Tai Chi Chuan est une gymnastique douce sans but thérapeutique mais qui favorise également la santé de manière indirecte en particulier par ses propriétés équilibratrices (Hong et Xu, 2007).

Il est recommandé de pratiquer le Qi Gong 30 minutes à une heure par séance deux fois par semaine ou plus (Barnes et al., 2004).

#### 5.4.4. Les effets du qi gong sur l'organisme

Les effets seront énoncés selon les 3 centres du qi gong : le corps, la respiration et l'esprit.

##### 5.4.4.1. Sur le corps

Selon Guillaume G. (1991), les exercices énergétiques fondés sur des techniques tels que le Qi Gong et pratiqués avant la ménopause, devraient avoir un effet bénéfique en assurant un bon équilibre énergétique du pelvis et une tonification des reins. Les exercices de Qi Gong sont utilisés dans le traitement de nombreuses maladies telles que l'asthme, l'arthrite, le stress, les allergies, le diabète, les douleurs chroniques, les maladies de cœur et l'hypertension (Barnes et al., 2004). L'étude de Lee et al. (2000) a d'ailleurs montré que son programme « qi training » influence et réduit la pression sanguine, la fréquence cardiaque et le rythme respiratoire grâce à une séance d'une heure par jour, six jours par semaine. De plus, l'étude de Manzanique et al. (2004) a montré que le Qi Gong a un effet significatif sur les paramètres immunitaires après une période d'un mois de pratique. La pratique du Qi Gong est donc capable d'induire la modification des cellules immunitaires.

Le qi gong est une activité à base d'étirements, de détente musculaire, et de mouvements doux. Cela permet d'une part 'l'enracinement' par la pratique des postures statiques debout et

d'autre part la verticalité en trouvant son axe. En effet, l'étude de Yang et al. (2007), a montré qu'un programme combiné tai chi/qi gong améliore l'équilibre fonctionnel de la personne âgée. C'est pourquoi le qi gong est une très bonne pratique à proposer chez la personne âgée puisqu'il s'agit d'une pratique lente, adaptée à tous âges et qui favorise une meilleure mobilité et un meilleur équilibre.

#### 5.4.2. Sur le souffle

Le travail de la respiration abdominale va permettre de développer son énergie vitale. Chez la personne âgée il est possible de travailler debout ou assis selon l'état de santé de la personne. Le travail de la respiration chez la personne âgée permet également une resynchronisation entre les mouvements et la respiration.

#### 5.4.3. Sur l'esprit

Le Qi Gong aide à normaliser et à stabiliser l'état émotionnel et d'augmenter le bien être de l'individu (Posadzki et al., 2009). En effet, sa pratique régulière réduit les tensions physiques et mentales grâce au travail de relaxation et de respiration (Tsang et al., 2002). Il a été également constaté une amélioration de la confiance en soi, du bien être et de la qualité de vie chez les personnes dépressives souffrant de maladies physiques chroniques (Tsang et al., 2003).

### 6. Problématique et hypothèses

#### 6.1. Problématique

De nombreuses études (Kerr D. et al. (1996) ; Feskanich et al (2002) ; Kemmler W. et al (2004)) ont montré l'effet bénéfique de l'activité physique sur le maintien, voire l'amélioration, du capital osseux, ce qui permet par delà de limiter le risque de fracture. Il est donc fort intéressant de proposer un programme d'activité physique à des sujets ostéoporotiques à risque de chute.

Les travaux de la littérature (Renaud et al. (2005) ; Butler-Browne et Bigard (2006) ; Yelnik et al. (2008)) ont montré que le vieillissement s'accompagne d'une baisse progressive des capacités fonctionnelles et cognitives de l'individu et que celles-ci peuvent être ralenties par le biais d'une activité physique adaptée aux aptitudes de la personne âgée. D'autres travaux (Rutherford (1997), Deprez (2006), Beaudreuil (2006)) de la littérature ont montré que l'ostéoporose pouvait être traitée par le biais de la médication et de l'activité physique. L'activité physique agissant comme un paramètre de maintien et de formation osseuse grâce aux tensions mécaniques infligé lors de la locomotion et/ou d'exercice de musculation contre-résistances. D'autre part, l'activité physique agit également comme un paramètre de l'amélioration de l'équilibre chez la personne âgée, un paramètre d'autant plus important chez la personne ostéoporotique puisque son risque fracturaire est augmenté par l'altération de l'os. Il est donc important dans un cadre de prévention santé (limiter les accidents de la vie et diminuer les frais de santé publique liée à l'hospitalisation), de mettre en place un programme spécifique basé sur le maintien de la densité minérale osseuse et sur la prévention de la chute.

Dans le cadre de ce mémoire, il n'a pas été possible d'étudier l'effet combiné du tai chi chuan et de la gymnastique d'entretien comme prévu initialement à cause de difficultés de recrutement de sujets. Ces 2 activités apportaient, en théorie, le moyen de répondre au besoin de maintenir la densité minérale osseuse (gymnastique d'entretien) et de prévenir la chute (tai

chi chuan). Nous avons cependant travaillé sur l'effet possible du Qi Gong dans la prévention des chutes.

En effet, il a été montré que le Qi Gong a un effet positif sur la santé en général (Dong et Esser (1990), Tsang et al. 2002, 2003)). Cependant, la littérature manque de données quant à son action dans le cadre de la prévention des chutes. D'avantage d'études ont observé l'effet du tai chi chuan sur la prévention des chutes. Or il a été montré que cette activité était bénéfique car elle augmentait la stabilité posturale de la personne âgée (Yang et al. 2007). Sachant qu'une partie de l'activité tai chi chuan se rapproche fortement du qi gong (mouvements du corps, debout, en position quasi statique), on peut également se demander si la pratique d'une séance de Qi Gong, une activité aux multiples vertus, peut avoir un effet immédiat chez la personne âgée. Enfin, on peut se demander si la pratique quotidienne du Qi Gong chez la personne vieillissante (moins de 60 ans) apporte un changement après la séance sur l'équilibre et la marche et donc potentiellement réduire les risques de chute.

Dans le cadre de notre travail, la problématique sera ainsi d'étudier s'il existe un effet immédiat de la pratique d'une séance de Qi Gong sur l'équilibre et la marche de la personne âgée saine ou ostéoporotique ? Et de constater si la pratique quotidienne du Qi Gong depuis de nombreuses années (plus de 10 ans) amène également un changement des paramètres d'équilibre et de marche suite à 30 minutes de séance en cours particulier.

## 6.2. Hypothèses

Le Qi Gong est une activité douce composée de mouvements lents en position debout de façon quasi statique afin de favoriser 'l'enracinement' du sujet. Sachant que la séance de Qi Gong apporte une concentration sur soi même, une contraction et un relâchement des parties du corps selon le moment de sollicitation et une conscience de la position de chaque partie du corps, on peut alors émettre l'hypothèse d'une amélioration de l'équilibre statique dans les condition yeux ouverts et yeux fermés car la séance se pratique les yeux fermés, les paupières relâchées. En second lieux, on peut émettre que l'amélioration de l'équilibre et une meilleure perception de son corps va influencer les paramètres de marche.

Par delà, on peut émettre l'hypothèse qu'une séance de Qi Gong apporte un moment de bien être chez la personne âgée mais aussi une meilleure santé grâce à la circulation de l'énergie dans le corps mais ce point ne sera pas mesuré rigoureusement dans ce travail.

## II. Matériel et méthode

Les données de cette partie correspondent aux expérimentations sur l'étude de l'effet d'une séance de qi qong sur les paramètres d'équilibre et de marche. Il n'a pas été possible au cours de l'année de mettre en place le projet initialement prévu à cause de difficultés de recrutement des sujets. Il s'agissait de montrer l'effet combiné du tai chi chuan et de la gymnastique d'entretien chez la personne âgée ostéoporotique. Le recrutement des sujets était difficile même si les patients devaient être dirigés vers le programme par les rhumatologues du valenciennois. Le manque de sujet m'a conduit dans une autre direction : l'étude de l'effet d'une séance de qi qong sur la marche et l'équilibre du sujet âgé et ostéoporotique.

### 1. Projet initialement prévu

Le projet initialement prévu concerne l'effet combiné de deux activités physiques sur l'état de santé général de patients ostéoporotiques à risque de chute. Ce programme peut être assimilé à une rééducation corporelle, le but étant de préserver, maintenir, évaluer et développer un potentiel physique afin de favoriser l'autonomie du patient.

Les patients répondant aux critères d'inclusion sont dirigés par les rhumatologues du Valenciennois vers le programme d'activité physique appelé « prévention de l'ostéoporose et des chutes » financé par le conseil régional et pour lequel je participe depuis deux ans. Ce programme donne accès à la pratique d'une activité physique de type gymnastique d'entretien et/ ou de tai chi chuan à raison de deux séances de 45 minutes maximum par semaine sur une période de 10 mois dans le cadre des activités physiques proposées par le Valenciennes Université Club. J'ai réalisé ainsi 43 séances durant 10 mois au VUC;

Avant le début du réentraînement à l'effort des sujets, une partie évaluation est effectuée et correspond à 3 tests d'équilibration et de mobilité. Il s'agit du test unipodal, du get up and go et de la vitesse de marche sur 10 mètres. Ces tests permettent d'évaluer le risque de chute des participants mais aussi servira de base pour établir leurs éventuelles progressions. En effet, des évaluations intermédiaires doivent avoir lieu ainsi qu'une évaluation finale. A ces tests s'ajoute une partie évaluation de la marche grâce à l'analyse de mouvement. Cette partie se déroule avant puis après le programme d'entraînement

### 2. Expérimentation

#### 2.1. Sujets

Pour cette expérience, 4 groupes de 1 à 2 sujets ont été formé :

- Sujet sain + séance de qi qong
  - Sujet ostéoporotique + séance de qi qong
  - Sujet sain expert en qi qong
  - Sujet témoin.
- 
- Sain + qi qong

2 sujets sains ont participé à l'expérience, un homme et une femme. Les critères d'inclusions étaient d'être âgée de plus de 60 ans, d'être en bonne santé. Les critères d'exclusion étaient d'être atteint d'ostéoporose et d'être incapable de se déplacer seul ou de maintenir une posture unipodal plus de 20 sec.

- ostéoporose + séance de qi qong

La population ostéoporotique sélectionnée fait partie du Programme Régional de Santé initié par le Professeur André Thevenon, chef de service de Médecine Physique et Réadaptation du CHRU (Centre Hospitalier Régional Universitaire) de Lille. Ce programme vise la prévention de l'ostéoporose et des chutes par le biais de l'activité physique. Il s'effectue en collaboration avec le LUC (Lille Université Club) et le VUC (Valenciennes Université Club).

Les 2 sujets font partie du Programme d'activité physique de Valenciennes. Malheureusement, une seule patiente sur les 2 adhérentes a pu être présente lors des expérimentations. Il s'agit d'une femme ostéoporotique sans antécédent de fracture dont l'âge, le poids et la taille sont présentés dans le tableau X.

Les critères d'inclusion étaient d'être âgée d'au moins 60 ans, d'être atteinte d'ostéoporose, d'avoir chuté ou d'être à risque de chute et d'avoir un traitement stable depuis plus de 6 mois. Les critères d'exclusion étaient un antécédent de fracture, une prothèse articulaire ou l'incapacité de se déplacer seul (sans aide matériel).

- Expert

Un sujet (homme) expert en tai chi et Qi Cong a participé à l'expérience. Il s'agit du professeur de ces deux disciplines pratiquant depuis plus de vingt ans. Le critère d'inclusion était d'être « expert » dans le domaine du qi qong. Le critère d'âge n'est pas pris en compte car le but de sa présence dans cette étude est de vérifier l'effet de sa séance de qi qong sur une personne pratiquante depuis plus de vingt ans.

- Témoin

Deux sujets ont participé à l'expérience, un homme et une femme. Ce groupe représente le groupe contrôle. Ils ne participent pas à la séance de qi qong mais sont évalués de la même façon que les autres sujets. Le temps de la séance de qi qong (30 minutes) qui se situe entre les tests est consacré à un temps de discussion. Les sujets devaient cependant rester debout pour rester dans les mêmes conditions de 'fatigue' que les autres sujets.

## 2.2. Protocole

Les sujets ont été évalués à différentes dates faute de disponibilité des sujets et de la salle de manipulation le même jour.

## 2.3. Tests

Les sujets ont effectué les tests dans cet ordre. En premier lieu, l'analyse de la marche, puis les tests de posturographie. La posturographie est composé de plusieurs conditions qui ont été passé dans cet ordre : yeux ouverts (YO), yeux fermés (YF), tapis mousse les yeux ouverts (TYO), tapis mousse les yeux fermés (TYF), test unipodal gauche (UG), test unipodal droit (UD), test de romberg gauche (RG), test de romberg droit (RD).

### 2.3.1. L'analyse de la marche

L'analyse de la marche a eu lieu dans le laboratoire d'analyse du mouvement, du LAMIH (Laboratoire d'Automatique, de Mécanique, et d'Informatique industrielles et Humaines) de Valenciennes.

Avant chaque nouveau sujet, l'ensemble du système d'acquisition était calibré pour délimiter la surface d'acquisition de la marche, orienter dans l'espace les caméras et les plateformes selon l'axe du couloir de marche et limiter le nombre d'erreurs.

La marche spontanée a été analysée à l'aide du système Vicon MX muni de 10 caméras T20 dans les conditions de simple tâche. Les données concernant les paramètres temporeux (vitesse de marche, la longueur du cycle, temps de simple appui...), la cinématique (angles) et la cinétique (moments, puissances) et du pas ont été collectées à l'aide logiciel Nexus version 1.4.114. 10 caméras numériques ont relevé la position des marqueurs lors des acquisitions. Les données de la cadence, de la durée du cycle et du simple appui ont été collectées à l'aide de plates-formes de force. Les plates-formes de force sont des Kistler de type 9286AA situées dans le milieu du couloir de marche, étaient synchronisées avec les caméras du système Vicon. Avant la collecte des données, les caméras étaient calibrées.

Au total, 34 marqueurs ont été placés sur le corps des sujets afin d'identifier les paramètres de marche. La précision de repérage du centre d'une sphère est d'environ 1,6 mm. La pose des marqueurs a été réalisée à l'aide d'un mètre ruban pour des raisons de précision. Les marqueurs réfléchissants étaient placés sur la peau à l'aide de scotch double face et étaient placés sur des repères anatomiques.

La figure 12. représente l'emplacement des différents marqueurs. 19 marqueurs ont été fixés au niveau du haut du corps : sur les tempes avant gauche et droite, sur les tempes arrière droite et gauche, sur l'acromion droit et gauche, sur l'épicondyle droit du coude droit et gauche, sur les faces externes et internes du poignet, sur l'insertion phalangienne du majeur, sur l'appendice xiphoïde du sternum, à la jonction des clavicules avec le sternum, sur la septième vertèbre cervicale, sur la dixième lombaire et le marqueur « right back » qui se place n'importe où sur la omoplate droite. 15 marqueurs ont été placés sur les membres inférieurs : sur l'épine iliaque antéro-supérieure droite et gauche, sur le sacrum, au niveau de la mi-cuisse droite et gauche, sur l'axe de flexion extension du genou droit et du genou gauche, sur le tiers supérieur de la jambe droite et gauche, sur la malléole externe droite et gauche, sur le talon droit et gauche et sur la tête du deuxième métatarsien du pied droit et du pied gauche. Les marqueurs ont été soigneusement placés par le même examinateur pour chaque sujet. De plus, les marqueurs n'étaient pas retirés lors de la séance de Qi Gong pour limiter les erreurs de repositionnement de marqueurs.

L'âge, la masse corporelle et la taille ont été relevés (tableau X). La longueur des jambes droite et gauche (épine iliaque – malléole interne) et la largeur des chevilles, des genoux, des coudes, des poignets et des mains ont été également mesurés pour les calculs du Vicon Nexus.

Groupe	Sain + QG	Osteoporose + QG	Expert + QG	témoin
Age (ans)	69,5 ± 2,1	70	50	75,5 ± 3,5
Taille (cm)	169,5 ± 6,4	152	168	166 ± 1,4
Masse (kg)	66,55 ± 13,9	75	93,5	88,6 ± 7,6

Tableau 2 : Caractéristiques des groupes

Après la pose des marqueurs, chaque sujet a pu se familiariser avec l'environnement. Puis un enregistrement statique d'environ 15 secondes a été préalablement réalisé avant les différents passages pour identifier les 34 marqueurs.

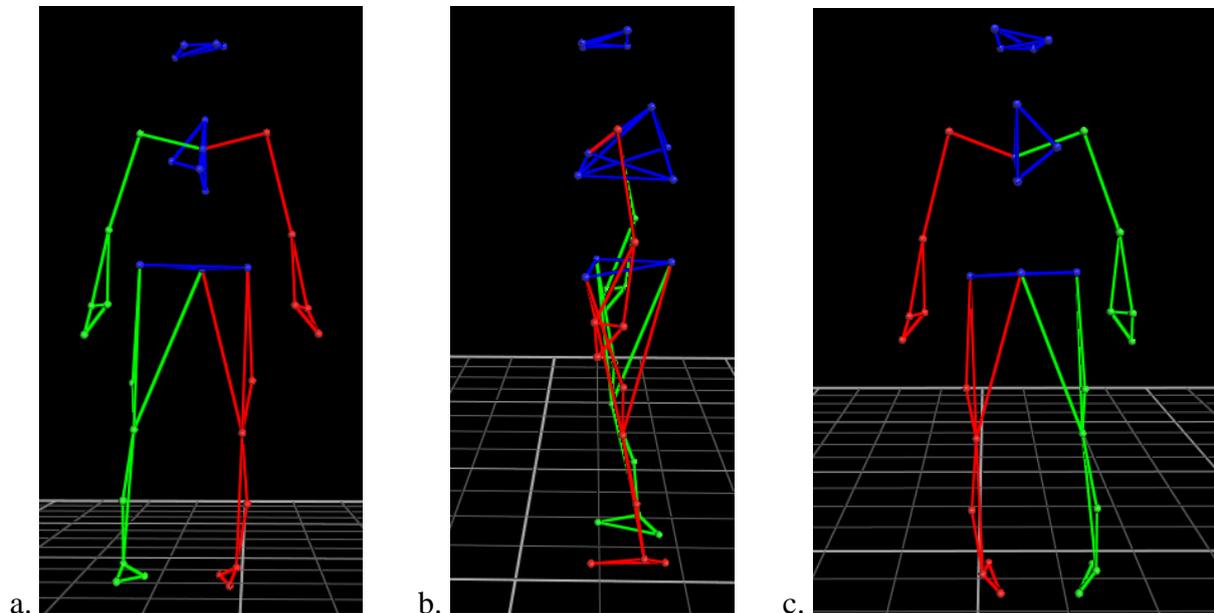


Figure 12 : observation du positionnement des marqueurs réfléchissants selon les vues antérieures, latérales gauches et postérieures (a,b,c) d'un sujet.

Ensuite, les sujets ont effectué 5 passages de marche spontanée en condition de simple tâche et 8 tests de posturographie d'une durée de variable selon la condition (maximum 60 secondes). Pour l'analyse de la marche, la consigne donnée aux sujets était de marcher le plus spontanément possible en regardant l'étoile noire dessinée en face d'eux. Les paramètres de marche mesurés étaient la vitesse de marche ( $\text{ms}^{-1}$ ), la cadence (pas/min), la durée du cycle (s), la durée du pas (s), la durée du simple appui (s), la durée du double appui (s), la longueur du pas (cm) et la longueur du cycle (m). Les marqueurs positionnés sur le haut du corps permettent d'observer la coordination bras/jambe, l'orientation des différents segments et de la tête lors du mouvement et de calculer le centre de gravité du sujet. Le système Vicon - Nexus permet également le calcul et l'observation de la cinématique (angles), et de la cinétique (moments et puissances) selon le cycle de marche du sujet.

Dans le cadre de cette étude, la partie cinétique ne concernera que la jambe gauche des sujets. En effet, l'observation des moments et des puissances est réalisé par le biais des 2 plateformes de force disposées au milieu du couloir de marche. Or, il se trouve que la plateforme de force placée en première position (PF1) ne donne pas les mêmes résultats que la plateforme de force 2 (PF2). Or, il ne m'avait pas été dit que ce problème existait avant le passage de mes premiers sujets. Ce n'est que lors du traitement des données que je m'en suis aperçue. De ce fait, nous avons essayé de régler le problème en réglant de nouveau la plateforme mais il semblerait que le problème soit interne. J'ai donc pris la décision de limiter les erreurs et de n'utiliser que la plateforme en bon état de fonctionnement c'est à dire la plateforme en deuxième position. Supposant que l'ensemble des sujets soient droitiers, il se trouve que pour l'ensemble des sujets, le pied droit a été au contact de la première plateforme et le pied gauche sur la deuxième plateforme.

### 2.3.2. La posturographie

La posturographie, dans des conditions statiques, vise à apprécier la qualité du système de régulation posturale d'un sujet en position orthostatique. Pour cette expérience le sujet restait équipé des 34 marqueurs. Il était placé sur une plate-forme de force Kistler de type 9286AA. La durée d'acquisition était de 60 secondes pour les conditions bipodales standards et de 30 secondes pour le test unipodal et pour le test de romberg sensibilisé. Si les sujets effectuaient un temps inférieur à 30 secondes pour le test unipodal ou pour le test de romberg sensibilisé alors 2 autres essais étaient effectués et le meilleur temps était conservé.

Pour les conditions bipodales standard (YO, YF, TYO, TYF), les consignes étaient de monter pied nu sur la plate-forme, les pieds légèrement écartés, les bras le long du corps, de regarder devant soi et rester « immobile » durant l'acquisition.

Pour les conditions unipodales (UG et UD), la consigne était de tenir le plus longtemps possible avec une jambe surélevée. Si le sujet atteignait 30 secondes, l'essai était stoppé par l'examineur. Le test unipodal est un bon moyen de repérer les personnes âgées qui sont à risque de chute ou qui ont déjà chuté. En général, ces dernières ne sont pas capables de tenir la position monopodal pendant 5 secondes alors que la durée normale devrait être supérieure à 30 secondes. La méthodologie du test était la suivante : les sujets devaient se tenir sur un pied, les yeux ouverts le plus longtemps possible. Les sujets n'avaient pas d'appui matériel et choisissaient par quel pied ils voulaient l'épreuve. L'acquisition était déclenchée dès que le pied de la jambe soulevée ne touchait plus le sol et était arrêtée lorsque le pied retouchait le sol.

Pour le test de Romberg, on demandait aux sujets de rester les pieds alignés sur une ligne antéro-postérieur durant 30 secondes. En cas de non réussite le test était effectué une seconde fois. Le logiciel nous donnait la surface du statokinésigramme qui représentait l'air de l'ellipse décrite par le centre de pression du sujet.

### 2.4. La séance de Qi Gong

La séance de Qi Gong se déroulait dans la salle d'expérimentation. Elle était dirigée et supervisée par un professeur de Qi Gong diplômé. La durée de la séance était fixée à 40 minutes. Elle comprenait deux thèmes : « l'enracinement » et la marche.

Le terme d'enracinement signifie que le sujet reste statique au niveau des jambes. Seul le haut du corps bouge lentement lors des mouvements de bras. De plus, cette exercice travail également sur la respiration. Ce travail permet de relaxer les muscles, supprimer les tensions et donc permettre un meilleur enracinement. Cette partie de séance se déroulait lors de la phase explicative les yeux ouverts puis le sujet était invité à suivre l'exercice une seconde fois les yeux fermés, les paupières relâchées, et était guidé par les consignes lentes, imagées et précises du professeur.

La deuxième partie de la séance était la marche Qi Gong. Il ne s'agit pas de la marche humaine. Cet exercice se déroule de la façon suivante (figure X) :

Le sujet est pieds joints espacés de la largeur des hanches (1). Il fléchit légèrement les genoux tout en regardant fixement devant lui (2). Ensuite, il lève une jambe et vient poser son talon au contact du sol (3) sans que le corps ne vienne se grandir ni à diminuer (les genoux ne sont jamais totalement ni en flexion ni en extension), puis il pose lentement le reste du pied et bascule progressivement son poids vers le pied avancé (4). Lorsque le poids est complètement sur la jambe avant et que la jambe arrière est libre, alors le sujet relève la jambe arrière et vient progressivement poser le talon sur le sol (5-6-7).

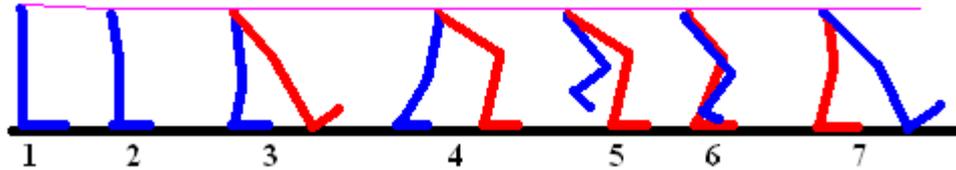


Figure 14 : Schématisation des grandes phases de la marche Qi Gong.

A la fin de la séance, les sujets effectuaient de nouveaux les mêmes tests dans le même ordre.

### 2.5. Les statistiques

Comme le nombre de sujet est trop faible, nous utiliserons une méthode statistique descriptive. Les résultats obtenus seront donc exprimés sous forme de tendance et non en terme de différence significative.

### III. Résultats

Les résultats concernent l'analyse de la marche et la posturographie avant et après la séance de Qi Gong pour les groupes Sains, Ostéoporoses et Experts et après un temps d'attente de 40 minutes chez le groupe Témoin.

#### 1. L'analyse de la marche

##### 1.1. Les paramètres temporeux

Les paramètres temporeux ont été relevés au cours de l'analyse de la marche avant et après la participation à la séance de Qi Gong chez tous les sujets. Les paramètres étudiés sont la cadence (pas/min), le temps du cycle (s), le levé du pied opposé (%), le contact du pied opposé (%), la durée du pas (s), le simple appui (s), le double appui (s), la phase d'appui (%), la longueur du cycle (m), la longueur du pas (m) et la vitesse de marche (m/s). Ces résultats sont consignés dans les tableaux 3, 4 et 5.

Sachant que le groupe Témoin ne participer pas à la séance, les résultats avant et après ne devraient pas présenter d'écart (tableau 3). Cependant il a été relevé chez le groupe Témoin, une variabilité du levé du pied opposé (- 25% au second passage), du temps de simple appui (- 13,9%) ainsi que du temps de double appuis (- 11,76%). Ces résultats sont peut être le signe d'une fatigue ou d'une lassitude due à la durée de l'expérience.

Comparé au groupe Témoin, on note chez les groupes ayant pratiqué le Qi Gong une augmentation de la durée du cycle et de la durée du pas accompagnée d'une diminution de la cadence. Cependant, on observe également une diminution de la vitesse de marche, de la longueur du pas et de la longueur du cycle pour les groupes Sains et Ostéoporoses et une augmentation de ses mêmes paramètres chez le groupe Expert (tableau 4 et 5). En outre, on note chez le groupe ostéoporotique une diminution du temps de double appui de 25,10 (tableau 5.). On observe également après la séance, une diminution au niveau du décollement et du contact du pied opposé ainsi que du décollement du pied en appui chez les groupes Sains, Ostéoporoses et Experts.

Un cinquième groupe composé de l'ensemble des groupes ayant participé au Qi Gong a été créé et est appelé le groupe Qi Gong. Il est donc composé de 4 sujets. En se référant au tableau 5. nous pouvons constater de façon beaucoup plus globale l'effet du Qi Gong sur les paramètres temporeux de la marche. On note alors une diminution de la cadence, de la durée du pas et du temps de double appui. On observe également une augmentation de la longueur du cycle de marche et du pas, ainsi que de la vitesse de marche

Les résultats observés sur les paramètres temporeux devraient être retrouvés dans l'analyse de la cinématique et de la cinétique de la marche.

	Sain			Ostéoporose			Expert			témoin		
	Avant	Après	Diff (%)	Avant	Après	Diff (%)	Avant	Après	Diff (%)	Avant	après	Diff (%)
<b>Cadence</b> (step/min)	99,93 ± 3,80	91,70 ± 5,00	-8,23 %	117,51 ± 2,64	116,34 ± 1,63	-0,99 %	119,25 ± 2,45	112,16 ± 1,47	-5,94 %	98,74 ± 26,12	105,62 ± 22,62	6,97 %
<b>Stride time</b> (seconds)	1,20 ± 0,05	1,31 ± 0,08	9,15 %	1,02 ± 0,02	1,03 ± 0,01	0,98 %	1,01 ± 0,02	1,07 ± 0,01	6,29 %	1,30 ± 0,35	1,18 ± 0,25	-8,94 %
<b>Opposite foot off</b> (percent)	9,54 ± 3,36	10,30 ± 2,85	7,96 %	13,53 ± 2,15	9,49 ± 5,69	-29,92 %	8,62 ± 1,12	6,76 ± 3,56	-21,62 %	17,05 ± 24,46	12,78 ± 3,60	-25,03 %
<b>Opposite foot contact</b> (percent)	49,96 ± 3,07	49,19 ± 2,10	-1,55 %	50,58 ± 4,64	50,41 ± 4,20	-0,34 %	50,17 ± 2,06	49,76 ± 3,84	-0,82 %	49,78 ± 1,99	50,58 ± 1,79	1,61 %
<b>Step time</b> (secondes)	0,60 ± 0,04	0,67 ± 0,03	10,72 %	0,50 ± 0,05	0,51 ± 0,04	1,32 %	0,50 ± 0,02	0,54 ± 0,04	7,14 %	0,65 ± 0,18	0,58 ± 0,12	-10,54 %
<b>Single support</b> (secondes)	0,49 ± 0,03	0,51 ± 0,04	4,94 %	0,38 ± 0,03	0,33 ± 0,16	-14,10 %	0,42 ± 0,02	0,46 ± 0,01	9,96 %	0,51 ± 0,11	0,44 ± 0,07	-13,90 %
<b>Double support</b> (secondes)	0,23 ± 0,04	0,29 ± 0,04	26,30 %	0,27 ± 0,03	0,16 ± 0,13	-40,00 %	0,17 ± 0,01	0,15 ± 0,03	-11,17 %	0,34 ± 0,24	0,32 ± 0,13	-11,76 %
<b>Foot off</b> (percent)	59,52 ± 2,37	60,98 ± 2,0 »	2,46 %	63,15 ± 2,44	51,84 ± 25,53	-17,90 %	58,63 ± 1,82	57,23 ± 1,70	-2,39 %	58,92 ± 6,22	62,66 ± 3,36	5,40 %
<b>Stride length</b> (metres)	1,27 ± 1,25	1,25 ± 0,06	-1,72 %	1,06 ± 0,05	1,02 ± 0,02	-4,12 %	1,36 ± 0,04	1,38 ± 0,03	1,17 %	1,26 ± 0,15	1,09 ± 0,15	1,93 %
<b>Step length</b> (metres)	0,63 ± 0,11	0,63 ± 0,04	-0,54 %	0,54 ± 0,05	0,52 ± 0,03	-3,27 %	0,67 ± 0,02	0,68 ± 0,04	0,67 %	0,64 ± 0,07	0,55 ± 0,06	1,50 %
<b>Walking speed</b> (metres per second)	1,06 ± 0,10	0,95 ± 0,03	-10,10 %	1,04 ± 0,06	0,99 ± 0,03	-5,13 %	1,35 ± 0,05	1,29 ± 0,03	-4,85 %	1,06 ± 0,03	0,95 ± 0,36	8,37 %

Légende : Diff : Différence après la séance (ou l'attente pour le groupe témoin).

Tableau 3 : Observation des paramètres spatio-temporaux avant et après une séance de Qi Gong pour les groupes sains, ostéoporotiques et experts ou après une attente de 40 minutes (temps de la séance) pour le groupe témoin.

comparaison	Sain VS Témoin N = 2		Ostéoporose VS Témoin N= 1		Expert VS Témoin N=1		Qi Gong vs Témoin N=4	
	Avant (%)	Après (%)	Avant (%)	Après (%)	Avant (%)	Après (%)	Avant (%)	Après (%)
<b>Cadence</b>	1,21 ± 3,80	-13,18 ± 5	19,01 ± 2,64	10,14 ± 1,63	20,77 ± 0,06	6,19 ± 2,53	8,21 ± 9,67	- 5,92 ± 1,82
<b>Stride time</b>	-7,50 ± 0,05	10,88 ± 0,08	-21,41 ± 0,02	-12,85 ± 0,01	-22,56 ± 3,24	-9,61 ± 0,04	-13,07 ± 0,1	3,38 ± 0,14
<b>Opposite foot off</b>	-44,06 ± 3,36	-19,44 ± 2,85	-20,61 ± 2,15	-25,79 ± 5,69	-49,43 ± 1,48	-47,13 ± 2,23	-40,64 ± 3,28	-24,41 ± 3,70
<b>Opposite foot contact</b>	0,37 ± 3,07	-2,75 ± 2,10	1,62 ± 4,64	-0,33 ± 4,20	0,79 ± 0,06	-1,63 ± 1,67	0,68 ± 3,16	- 2,12 ± 2,78
<b>Step time</b>	-7,82 ± 0,04	14,09 ± 0,03	-22,61 ± 0,05	-12,35 ± 0,04	-23,12 ± 0,06	-7,92 ± 0,02	-13,84 ± 0,06	5,87 ± 0,08
<b>Single support</b>	-5,17 ± 0,03	15,58 ± 0,04	-26,18 ± 0,03	-26,35 ± 0,16	-18,37 ± 0,05	4,25 ± 0,03	-11,74 ± 0,05	5,68 ± 0,11
<b>Double support</b>	-32,35 ± 0,04	-3,17 ± 0,04	-21,57 ± 0,03	-46,67 ± 0,13	-49,51 ± 0,05	-49,17 ± 0,06	-32,35 ± 0,04	-18,00 ± 0,09
<b>Foot off</b>	1,01 ± 2,37	-1,80 ± 2,03	7,18 ± 2,44	-16,52 ± 25,53	-0,50 ± 2,23	-7,85 ± 2,76	1,89 ± 2,71	-5,55 ± 11,36
<b>Stride length</b>	0,68 ± 0,09	-2,93 ± 0,06	-15,40 ± 0,05	-20,42 ± 0,02	8,21 ± 0,06	7,40 ± 0,06	-0,79 ± 0,12	-5,05 ± 0,16
<b>Step length</b>	-0,14 ± 0,11	-2,15 ± 0,04	-15,47 ± 0,05	-19,43 ± 0,03	5,65 ± 0,01	4,78 ± 0,03	-3,12 ± 0,10	-4,68 ± 0,06
<b>Walking speed</b>	-0,52 ± 0,10	-17,47 ± 0,03	-1,75 ± 0,06	-13,99 ± 0,03	27,47 ± 0,03	11,92 ± 0,06	4,72 ± 0,15	-12,85 ± 0,12

Tableau 4 : Comparaison des paramètres de marche avant et après la séance des groupes sains, ostéoporose et expert avec le groupe témoin (avant). Les résultats sont exprimés en pourcentage (%).

	Sain	Ostéoporose	Expert	Qi Gong
<b>Cadence</b>	-14,39	-8,86	-14,58	-14,14
<b>Stride time</b>	18,38	8,56	12,95	16,47
<b>Opposite foot off</b>	24,61	-5,18	2,29	16,23
<b>Opposite foot contact</b>	-3,12	-1,95	-2,42	-2,80
<b>Step time</b>	21,91	10,26	15,19	20,74
<b>Single support</b>	20,75	-0,17	22,62	18,58
<b>Double support</b>	29,19	-25,10	0,34	10,48
<b>Foot off</b>	-2,82	-23,70	-7,35	-8,28
<b>Stride length</b>	-3,61	-5,03	-0,81	-3,15
<b>Step length</b>	-2,01	-3,97	-0,87	-2,28
<b>Walking speed</b>	-16,95	-12,24	-15,55	14,91

Tableau 5 : Evaluation de l'impact de la séance de Qi qong sur les paramètres spatio-temporaux de la marche chez les sujets sains, ostéoporoses et experts en comparaison avec le groupe témoin. Résultats exprimés en pourcentage (%).

## 1.2. La cinématique et la cinétique

### 1.2.1. Comparaison Inter-groupe

L'analyse de la marche a permis de déterminer les angles, les moments et les puissances au niveau de la cheville, du genou et de la hanche. Nous allons donc observer l'effet du Qi Gong au niveau des articulations et des groupes musculaires des membres inférieurs dans les trois plans de l'espace (sagittal, frontal, transversal).

Certaines vignettes présentées sur les figures suivantes ne seront pas exploitées car elles présentent des différences très importantes avec les courbes standards de marche (Winter (1984), Kadaba et al. (1989), Benedetti et al. (1998)) probablement due à des problèmes de pose de marqueurs malgré la grande rigueur apportée à cette tâche.

Les valeurs caractéristiques de la cinématique et de la cinétique (moment et puissance), avant et après séance, dans le plan sagittal (figure 15 et 18), le plan frontal (figure 16 et 19) et dans le plan transversal (figure 17 et 20) sont représentées dans les tableaux 7 et 8 respectivement.

Tout d'abord nous ferons une comparaison inter-groupe (figure 15 à 20), puis une comparaison intra-groupe (figure 21, 22 et 23). Pour repère, nous utiliserons les codes variables annotées sur les vignettes utilisées dans les différentes figures.

Avant la séance, on observe graphiquement des différences de tracé. Dans le plan sagittal (figure 15), la flexion au contact initial (H1) et en phase oscillante est inférieure pour les groupes sains par rapport aux autres groupes qui gardent des valeurs proches. L'extension de hanche (H2) du groupe ostéoporose. Pour les moments de la hanche, MH1, MH2 et MH3 du groupe ostéoporose diffèrent des 3 autres groupes. En effet, MH1 a une valeur d'environ 0,5 Nmm supérieur aux autres groupes. Puis MH2 est fléchisseur alors que chez les trois autres groupes MH2 est extenseur. En terme de puissance, la génération au contact initial est différente dans l'ensemble des groupes. L'absorption en phase d'appui est également différente dans l'ensemble des groupes. On observe cependant une plus grande absorption d'énergie pour le groupe Expert comparé aux autres groupes. Enfin la puissance maximale en fin de phase d'appui est supérieure chez les groupes Sains, Ostéoporoses et Experts par rapport au groupe Témoin.

Au niveau du genou, la flexion au contact initial (G1) est proche dans l'ensemble des groupes. Puis la flexion maximale à la mise en charge est supérieure chez les groupes Ostéoporoses, Sains et Experts par rapport au groupe Témoin. La flexion minimale (G3) est différente pour le groupe ostéoporose comparé aux autres groupes. La flexion maximal en phase oscillante (G4) est supérieure chez les groupes ostéoporoses et Experts comparée aux groupes Témoins et Sains. Le moment interne extenseur au contact initial est supérieur dans le groupe ostéoporose. Puis les moments internes MG2 et MG3 diffèrent totalement dans le groupe ostéoporose. La puissance au niveau du genou n'a pas pu être étudiée.

La flexion plantaire au contact initial (C1 dans figure 15.) et la flexion dorsale maximale dans la phase de mise en charge (C2) sont légèrement plus importantes pour le groupe ostéoporose. La flexion plantaire du groupe ostéoporose en phase pré-oscillante (C4) est également inférieure aux trois autres groupes, ainsi que l'angle de progression du pied (C5) qui reste légèrement supérieur aux trois autres groupes. De plus, le moment interne de la cheville (MC2) montre un pic plus important en phase de mise en charge chez le groupe

ostéoporotique par rapport aux autres groupes. Le moment interne de la cheville en phase pré-oscillante (MC3) montre des valeurs supérieures pour les groupes Ostéoporoses et Experts. Enfin l'absorption d'énergie en PC1 et la génération d'énergie en PC2 sont supérieurs pour les groupes Experts et Témoins

Avant la séance : PLAN SAGITTAL

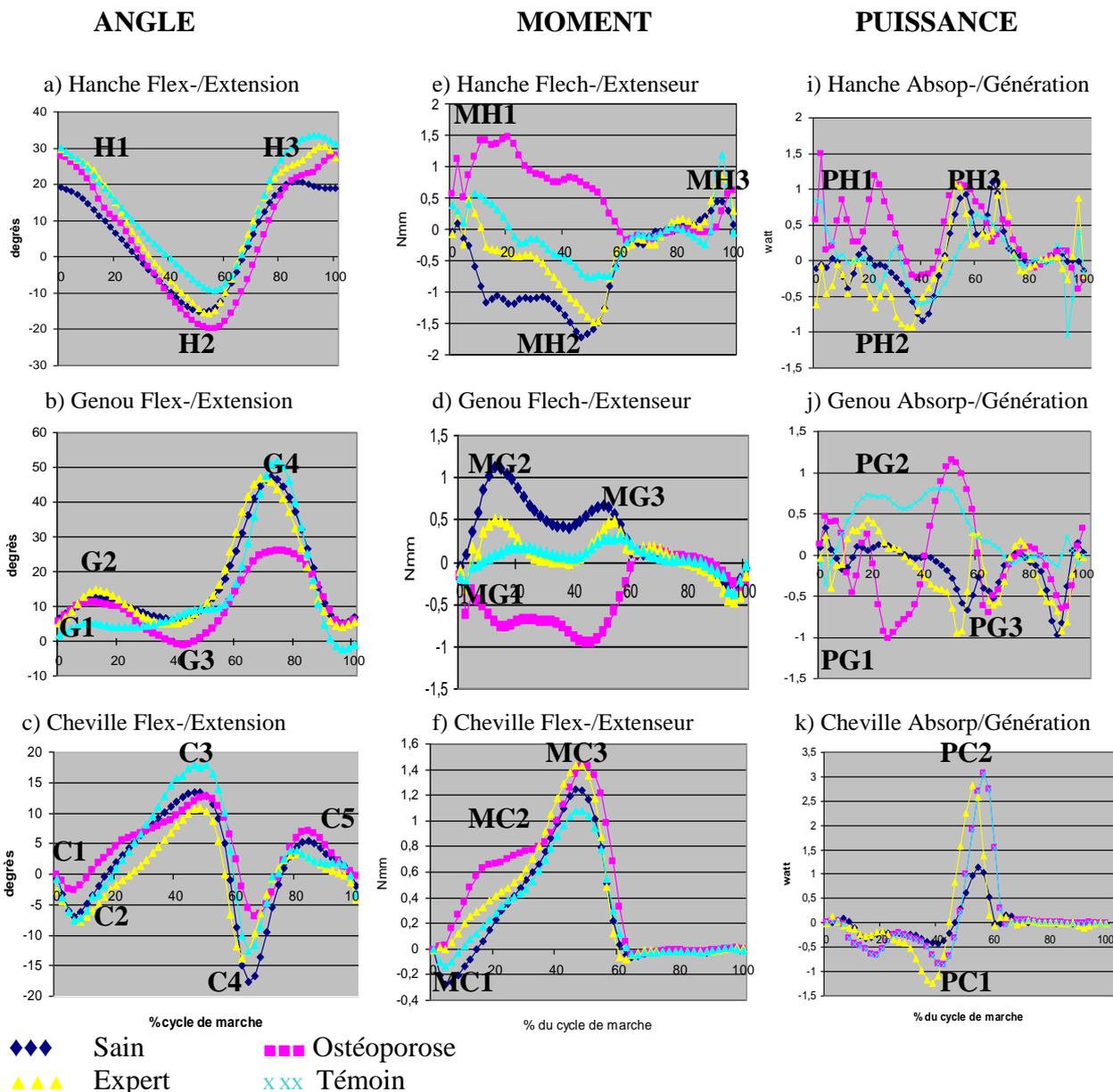


Figure 15 : Cinématique (a, b, c), les moments internes (e, f, g) et les puissances dans le plan sagittal pour la cheville (c, g, k), le genou (b, f, j) et la hanche (a, e, i) pour les quatre groupes (sain, ostéoporose, expert et témoin).

Compte tenu de l'allure générale des courbes la vignette j ne sera pas abordée.

Dans le plan frontal, Les allures de courbes sont proches mais possèdent également des différences plus ou moins prononcées.

Au niveau de la hanche, Le contact initial (H1 figure 16) du groupe témoin est inférieur aux autres groupes. Puis lors de la mise en charge en phase d'appui (H2 et H3), le groupe Expert a des valeurs supérieures d'abduction par rapport aux autres groupes. Puis, lors de l'adduction maximal en phase oscillante, les groupes Ostéoporoses et Experts ont des valeurs plus élevées que le groupe Témoin et le groupe Sain. La fin d'oscillation (H5) est différente pour l'ensemble des groupes. En ce qui concerne les moments internes, le contact initial (MH1) diffère, il est supérieur chez le groupe Ostéoporose . Puis lors de la phase de mise en charge, le premier pic des moments abducteurs de la hanche (MH2) est supérieur chez le groupe Expert alors qu'en fin de mise en charge on observe une majoration du second pic chez le groupe Ostéoporose par rapport aux autres groupes. Cependant, le pic minimal lors de la phase oscillante (MH4) est quasi absent chez le groupe ostéoporotique et supérieur chez les groupes Sains et Ostéoporoses par rapport au groupe Témoin.

Au niveau du genou, les courbes diffèrent entre les groupes. On observe principalement une plus forte abduction du genou lors de la phase oscillante (G4) chez les groupes Sains et Ostéoporoses par rapport aux autres groupes. En ce qui concerne, les moments internes, au contact initial (MG1 figure 16.) on observe des valeurs proches pour l'ensemble des groupes. Lors de la phase de mise en charge (MG2) et de la fin de mise en charge (MG3), on observe des valeurs supérieures pour le groupe Ostéoporose et une absence de pic en phase de mise en charge (MG2) pour le groupe Sain. Enfin, la fin de phase d'oscillation présente un pic chez les groupes Témoins et Sains.

La cinématique et la cinétique dans le plan frontal n'a pas pu être analysé au niveau de la cheville. En outre, il n'a pas été possible d'analyser la cinématique et la cinétique dans le plan transversal.

Avant la séance : PLAN FRONTAL

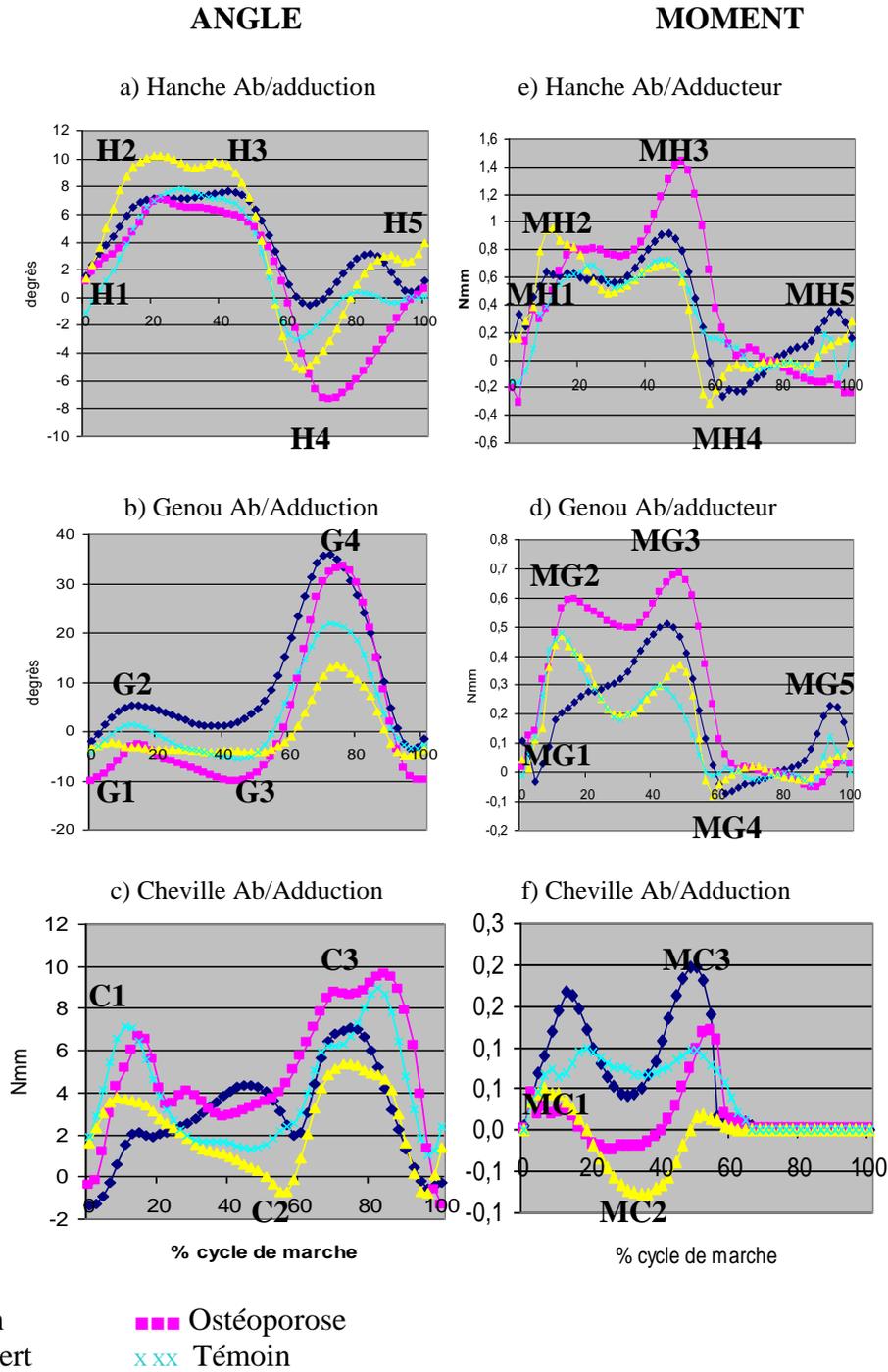


Figure 16 : Cinématique (a, b, c), les moments internes (e, f ,g) dans le plan frontal pour la cheville (c, g), le genou (b, f) et la hanche (a, e) pour les quatre groupes (sain, ostéoporose, expert et témoin).

Compte tenu de l'allure générale des courbes les vignettes (c) et (f) concernant la cheville ne seront pas abordées.

Avant la séance : PLAN TRANSVERSAL

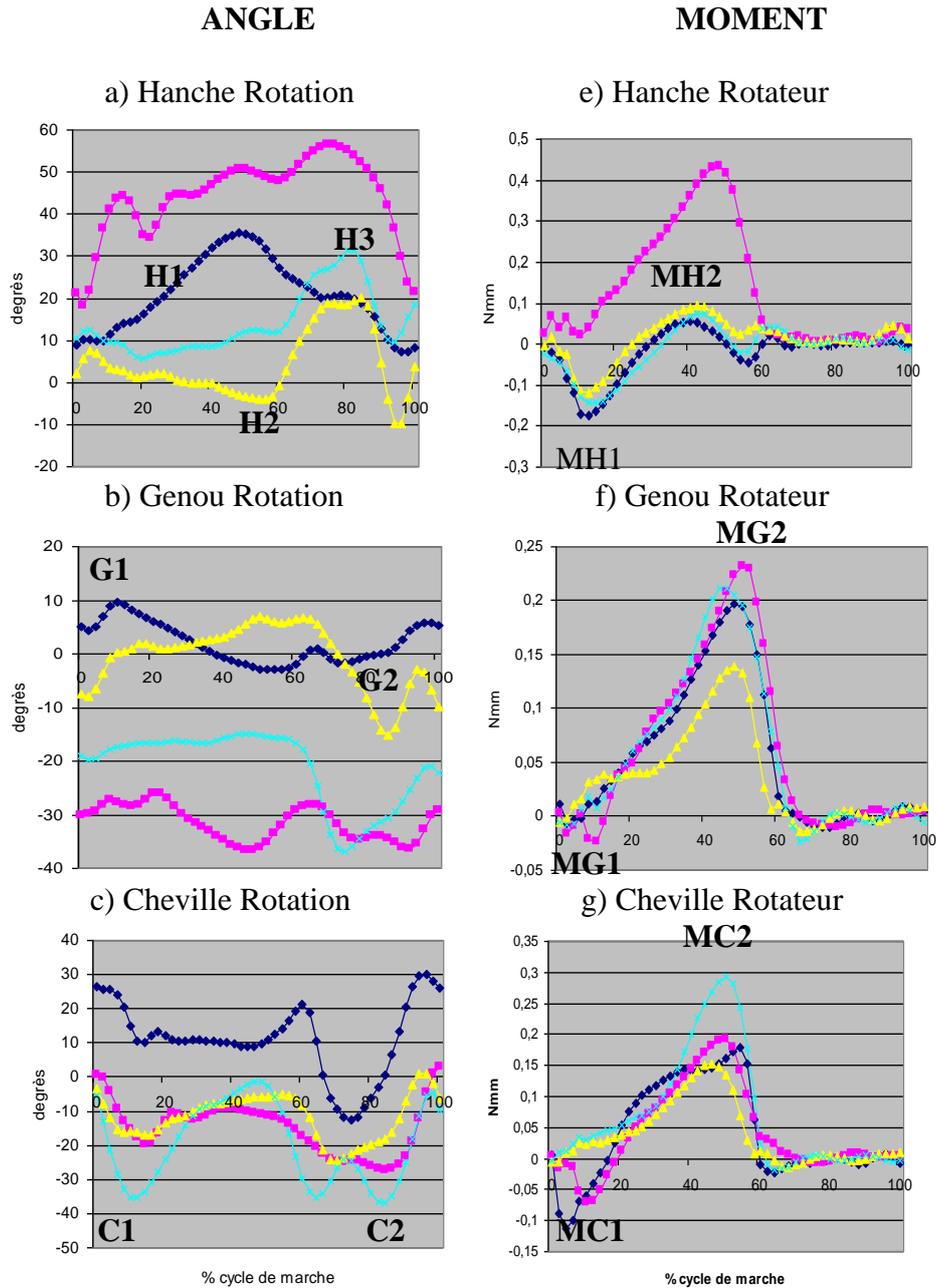


Figure 17 : Cinématique (a, b, c), les moments internes (e, f ,g) dans le plan frontal pour la cheville (c, g), le genou (b, f) et la hanche (a, e) pour les quatre groupes (sain, ostéoporose, expert et témoin).

*Aucune vignette de cet axe ne sera utilisée.*

Après la séance, l'allure générale des courbes de cinématique et de cinétique reste similaire (figures 19, 20, 21). Cependant, il existe des variations plus ou moins importantes qui seront décrites dans les résultats intra individuels.

Après la séance : PLAN SAGITTAL

Cette figure utilise le code de variable donné dans la figure 15. (avant la séance). Les vignettes étudiées sont les mêmes que dans la partie avant séance.

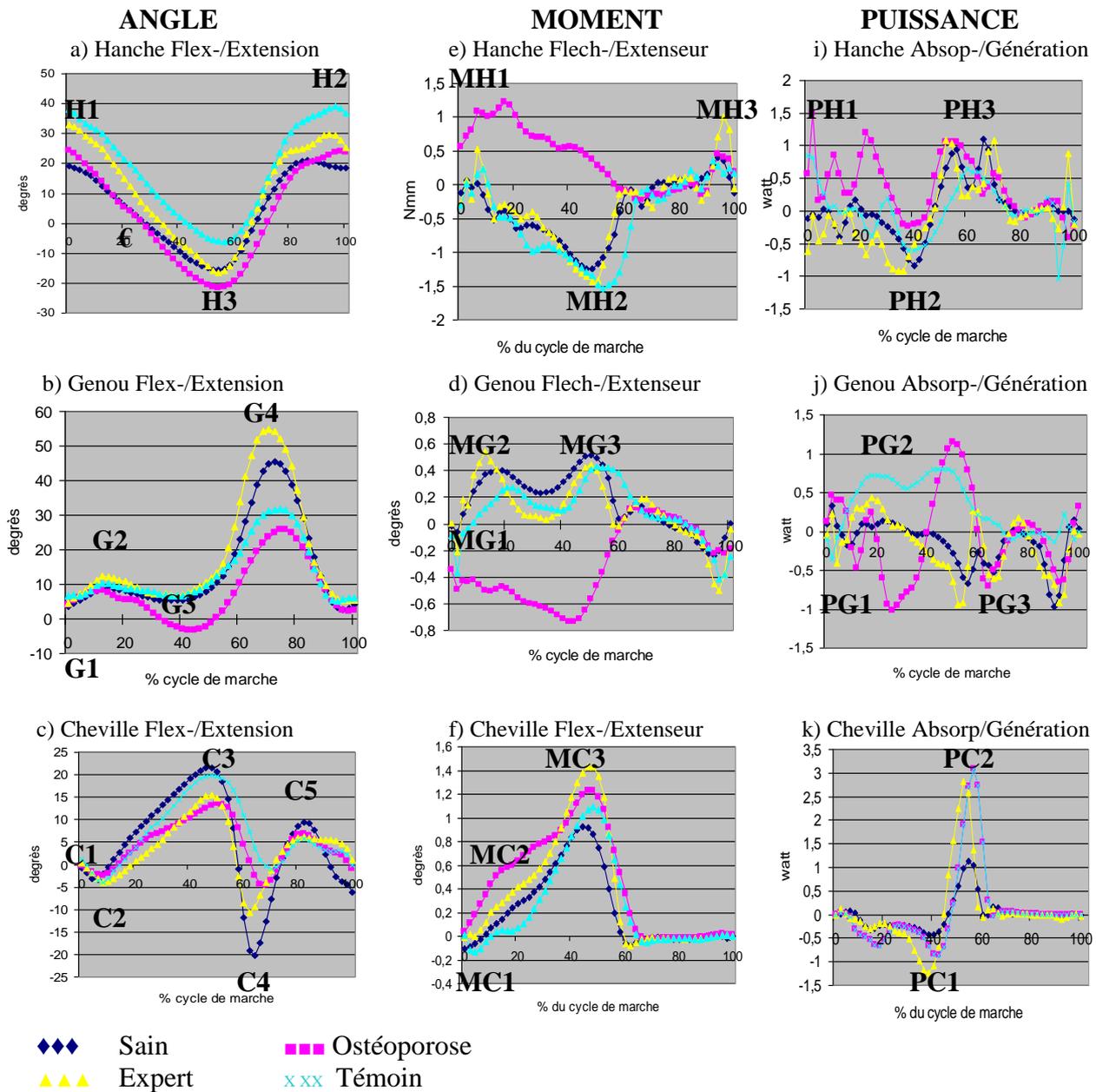


Figure 18 : Cinématique (a, b, c), les moments internes (e, f, g) et les puissances dans le plan sagittal pour la cheville (c, g, k), le genou (b, f, j) et la hanche (a, e, i) pour les groupes qui ont participé à la séance de Qi Gong (Sain, Ostéoporose et Expert) et le groupe témoin.

*Compte tenu de l'allure générale des courbes la vignette j ne sera pas abordée.*

Après la séance : PLAN FRONTAL

Cette figure utilise le code de variable donné dans la figure 16. (avant la séance). Les vignettes étudiées sont les mêmes que dans la partie avant séance.

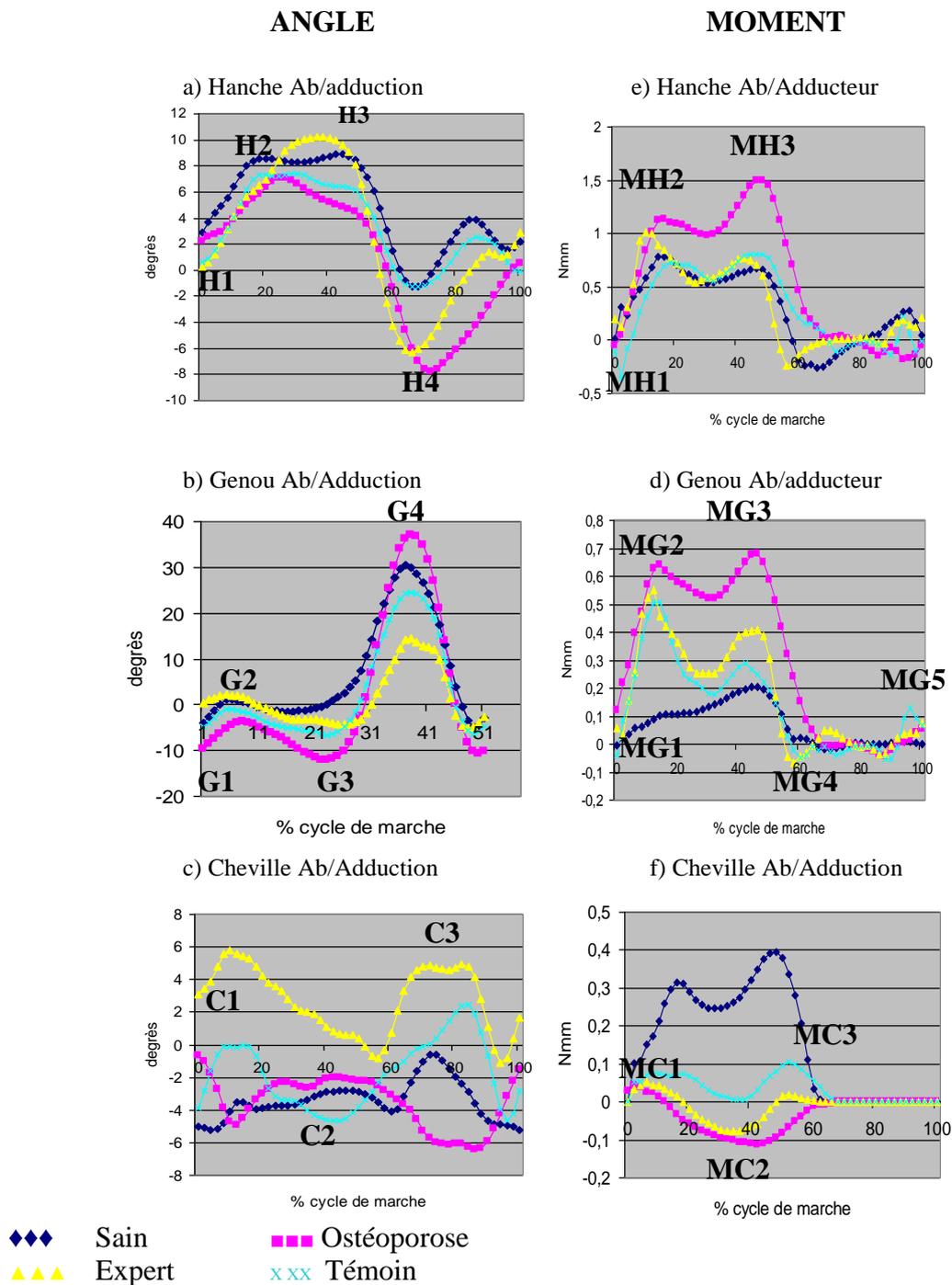


Figure 19 : Cinématique (a, b, c), les moments internes (e, f, g) dans le plan frontal pour la cheville (c, g), le genou (b, f) et la hanche (a, e) pour les groupes qui ont participé à la séance de Qi Gong (Sain, Ostéoporose et Expert) et le groupe témoin.

Compte tenu de l'allure générale des courbes les vignettes (c) et (f) concernant la cheville ne seront pas abordées.

Après la séance : PLAN TRANSVERSAL

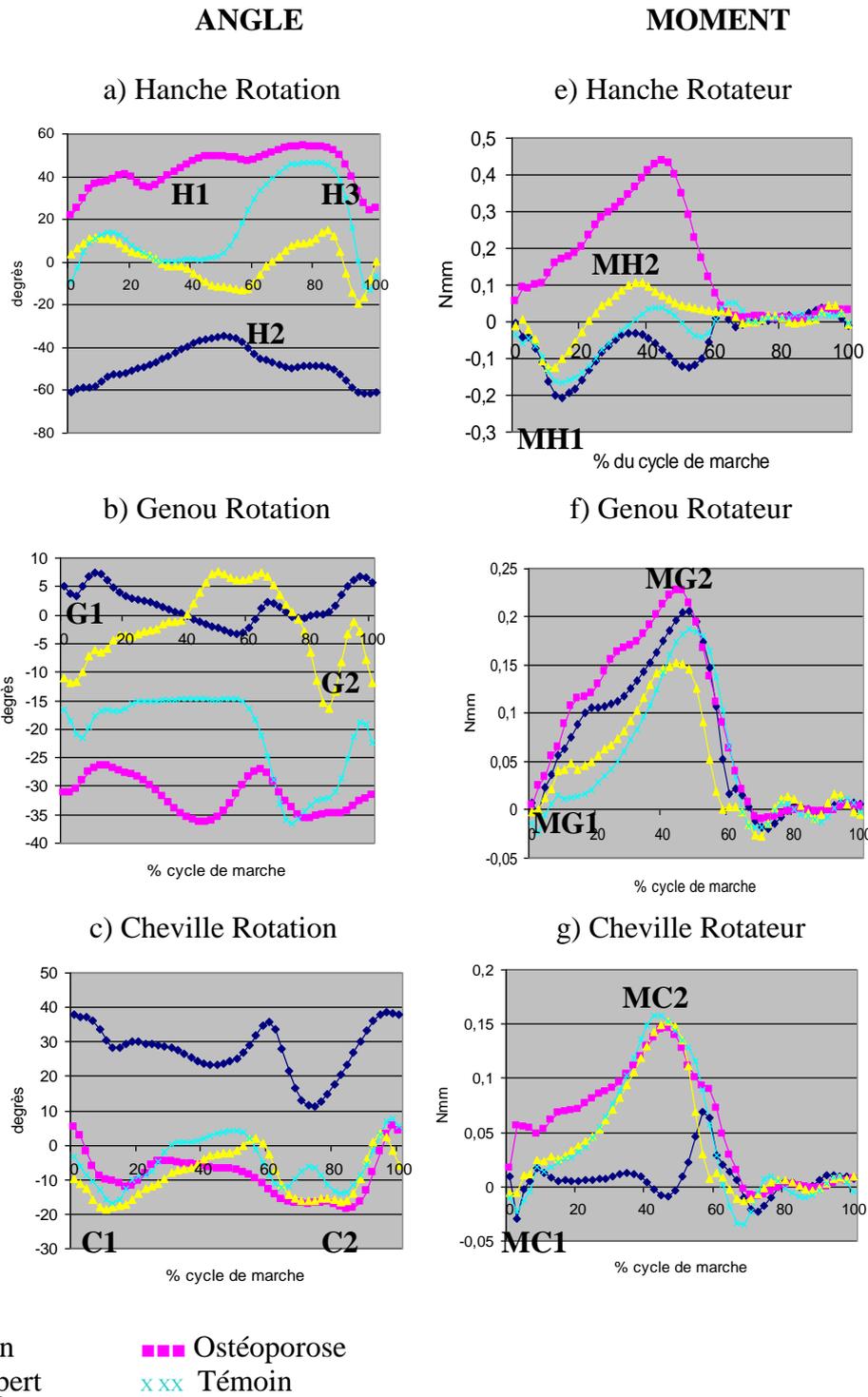


Figure 20 : Cinématique (a, b, c), les moments internes (e, f, g) dans le plan frontal pour la cheville (c, g), le genou (b, f) et la hanche (a, e) pour les groupes qui ont participé à la séance de Qi Gong (Sain, Ostéoporose et Expert) et le groupe témoin.

Compte tenu de l'allure générale des courbes aucune vignette ne sera abordée.

Lors de la comparaison des sujets pratiquant la séance de Qi Gong, il a été observé une grande variabilité des valeurs au niveau de la hanche, du genou et de la cheville pour les variables H, G, C, MH, MG et MC dans les 2 plans étudiés (tableau 6). Pour la cinématique, les plus grandes variations (>100%) entre le groupe Témoin et les groupes pratiquant le Qi Gong sont les variables H2 (Ostéoporose), G1, G3, C1 (Expert). Pour la cinétique, les plus grandes variations (>100%) sont MH1 (Sain et Expert), MH2 (Ostéoporose), MH3, MG2, MG3 (Sain et Ostéoporose), MC1, MC2 (Sain), PH1 (Sain et Expert).

	Sain vs Témoin (%)	Ostéoporose vs Témoin (%)	Expert vs Témoin (%)
H1	-36,41	-8,20	-1,49
H2	64,30	115,08	68,96
H3	-37,50	-16,16	-8,94
G1	258,75	194,39	177,53
G2	34,50	20,30	60,19
G3	235,43	-165,11	169,74
G4	-8,99	-50,30	-9,38
C1	-38,30	-85,51	206,51
C2	-7,96	-63,05	1,40
C3	-24,43	-29,61	-39,43
C4	-7,96	-63,05	1,40
C5	38,17	77,90	-14,51
MH1	-107,22	40,35	-120,48
MH2	-84,78	144,73	-17,80
MH3	127,56	-155,32	95,30
MH4	-62,94	-48,31	-30,40
MG1	-75,67	5,25	-50,87
MG2	504,54	-493,78	157,05
MG3	130,22	-244,24	69,97
MC1	115,87	159,95	164,24
MC2	109,89	-94,23	-94,13
MC3	15,65	31,78	32,51
PH1	-112,43	-32,19	-172,33
PH2	38,17	-61,52	53,04
PH3	45,82	64,78	69,38
PC1	-20,08	-60,77	-11,48
PC2	71,64	84,66	69,38

Tableau 6 : Comparaison en pourcentage des groupes Sains, Ostéoporoses et Experts par rapport au groupe Témoin avant la séance dans le plan sagittal.

Cependant, malgré les différences de départ (tableau 6), on observe une évolution de la cinétique et de la cinématique de la marche après la séance de Qi Gong (tableau 7).

En effet, la partie droite du tableau 7 (différence avant-après) nous indique l'évolution des groupes pratiquant la séance de Qi gong en comparaison avec le groupe Témoin.

	APRES		
	Sain vs Témoin (%)	Ostéoporose vs Témoin (%)	Expert vs Témoin (%)
H1	-49,85	-36,51	-13,76
H2	154,19	252,06	169,26
H3	-45,94	-38,05	-15,85
G1	-46,99	-40,19	-32,27
G2	-17,49	-26,03	12,79
G3	-45,30	-152,36	-30,10
G4	42,90	-19,29	72,34
C1	-152,21	-125,46	-79,90
C2	-19,18	-41,18	0,16
C3	9,80	-31,55	-21,70
C4	-19,18	-41,18	0,16
C5	66,39	20,50	7,66
MH1	-61,63	-279,64	-9,41
MH2	-72,19	415,86	121,65
MH3	-18,92	-109,68	-7,43
MH4	9,90	23,11	178,14
MG1	-81,99	284,68	-107,44
MG2	44,80	-271,65	71,64
MG3	19,36	-184,76	3,42
MC1	-578,81	617,32	-118,92
MC2	-24,96	-126,75	-99,29
MC3	-15,02	12,80	35,63
PH1	-129,08	-85,85	-148,81
PH2	88,34	-18,10	26,36
PH3	282,63	271,56	367,10
PC1	-43,88	-73,60	-62,35
PC2	-18,75	-21,10	-0,82

Tableau 7 : Les angles, les moments et les puissances au niveau de la hanche du genou et de la cheville dans le plan sagittal après la séance de Qi Gong (exprimés en %).

### 1.2.2. Comparaison Intra-groupe

Dans le plan sagittal :

Les courbes de cinématique et de cinétique avant et après la séance pour chaque groupe sont présentées dans le plan sagittal dans les figures 21 (angles), 22 (moments) et 23 (puissances).

Pour la hanche (figure 21), la cinématique du groupe Sain et Expert est très proche des valeurs d'avant séance. Pour le groupe Ostéoporose, le contact initial (H1), le pic minimal (H2) et la fin d'oscillation (H3) ont diminué de quelques degrés après la séance tandis que chez le groupe Témoin on observe une légère augmentation de ces mêmes valeurs. Au niveau des moments internes de la hanche (figure 22), Le sujet ostéoporose présente toujours la même allure générale de courbe avec une diminution du pic à MH2. Pour le groupe Expert, la courbe des moments internes de hanche garde la même allure. Chez le groupe Sain, on

observe une diminution du pic MH2 tandis que chez le groupe Témoin ce pic minimal augmente vers une valeur très proche du groupe Expert. Pour les puissances, on remarque une augmentation de l'absorption maximale (PH2) lors de la mise en charge chez les groupes Sains et Ostéoporoses. L'allure des courbes Témoins et Experts ressemblent aux courbes d'avant séance. Cependant, on note une très faible absorption d'énergie avant et après l'attente chez le groupe Témoin.

Pour le genou (figure 21), on observe une diminution du pic maximal lors de la mise en charge (G2) pour l'ensemble des groupes. Le pic minimal lors de la mise en charge augmente chez le groupe Ostéoporose. Le pic maximal lors de la phase d'oscillation reste identique chez les groupes Sains et Ostéoporose tandis que ce pic augmente chez les groupes Experts et Témoins. En ce qui concerne les moments internes du genou (figure 22), on observe une légère modération des pics MG2 et MG3 lors de la mise en charge chez le groupe Témoin, tandis que ces pics diminuent chez le groupe Sain, en particulier pour MG2 (-0,6 Nmm). Pour le groupe Ostéoporose, On observe toujours un moment extenseur lors de la mise en charge tandis que dans les autres groupes, les sujets présentent un moment fléchisseur. Cependant ce moment extenseur est atténué après la séance de Qi Gong.

Pour la cheville (figure 21), on observe une augmentation de la flexion lors de la mise charge (C3) pour l'ensemble des groupes. Cependant, le pic minimal lors de l'extension en phase oscillante (C4) diminue de quelques degrés pour les groupes Ostéoporoses et Experts et approche d'une valeur nulle chez le groupe Témoin, tandis qu'on observe une légère augmentation. Au niveau des moments internes de cheville, on observe une diminution du pic maximal lors de la phase oscillante (MC3) chez le groupe Sain et le groupe Ostéoporose. Au sujet de la puissance, on note lors de la phase de mise en charge (PC1) une légère diminution chez les groupes Experts et Ostéoporose. On remarque également une diminution du pic maximal (PC2) chez les groupes Témoin et Ostéoporose, tandis que l'on observe une augmentation chez les groupes Sains et Experts.

L'ensemble de ses variations intra sujets est également répertorié dans le tableau 8.

## Cinématique dans le plan sagittal: Avant et après Qi Gong

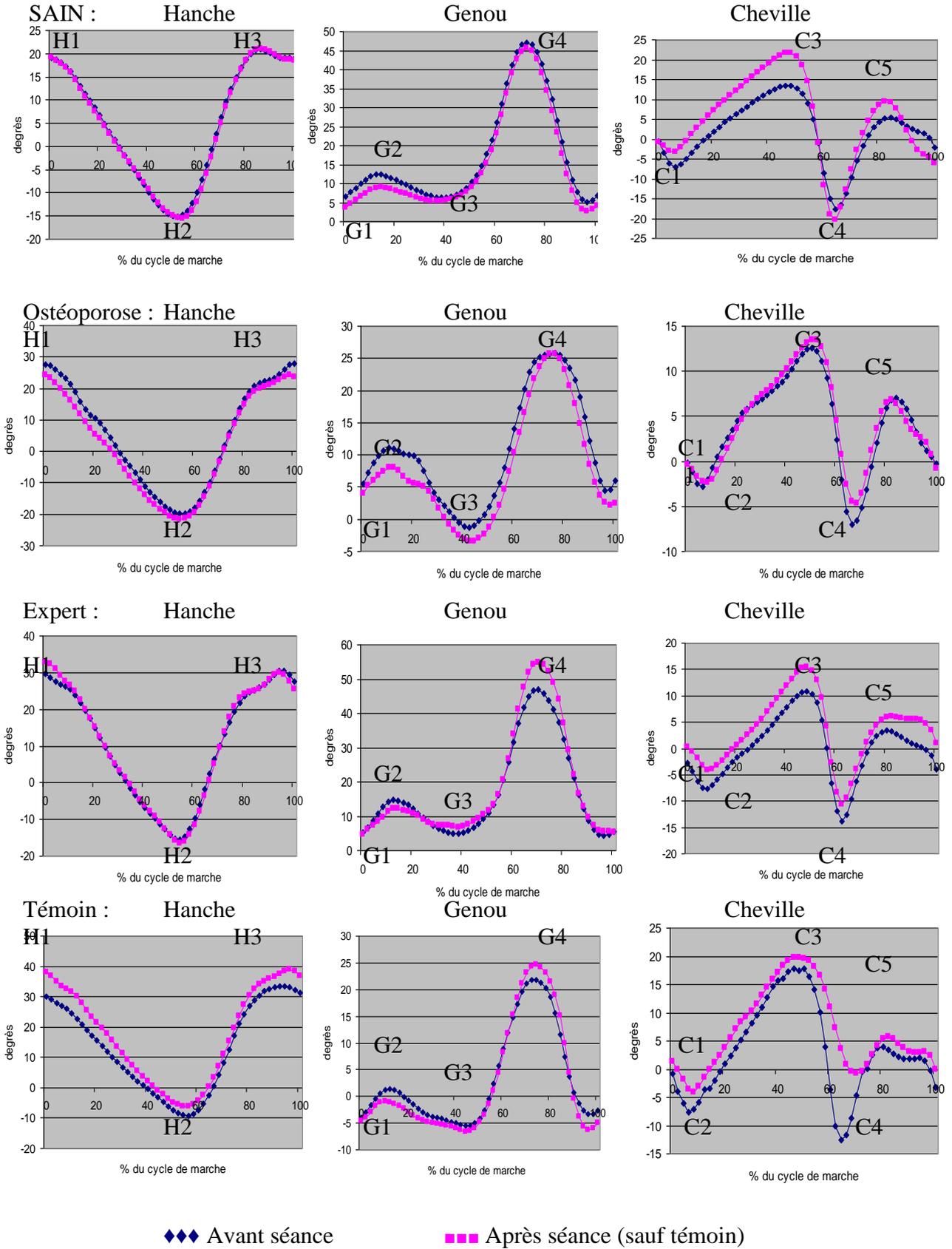


Figure 21 : Comparaison de la cinématique de la hanche, du genou et de la cheville dans le plan sagittal avant et après l'intervention pour les groupes sains, ostéoporoses et experts et après l'attente pour le groupe témoin.

Les moments : avant et après le Qi Gong dans le plan sagittal.

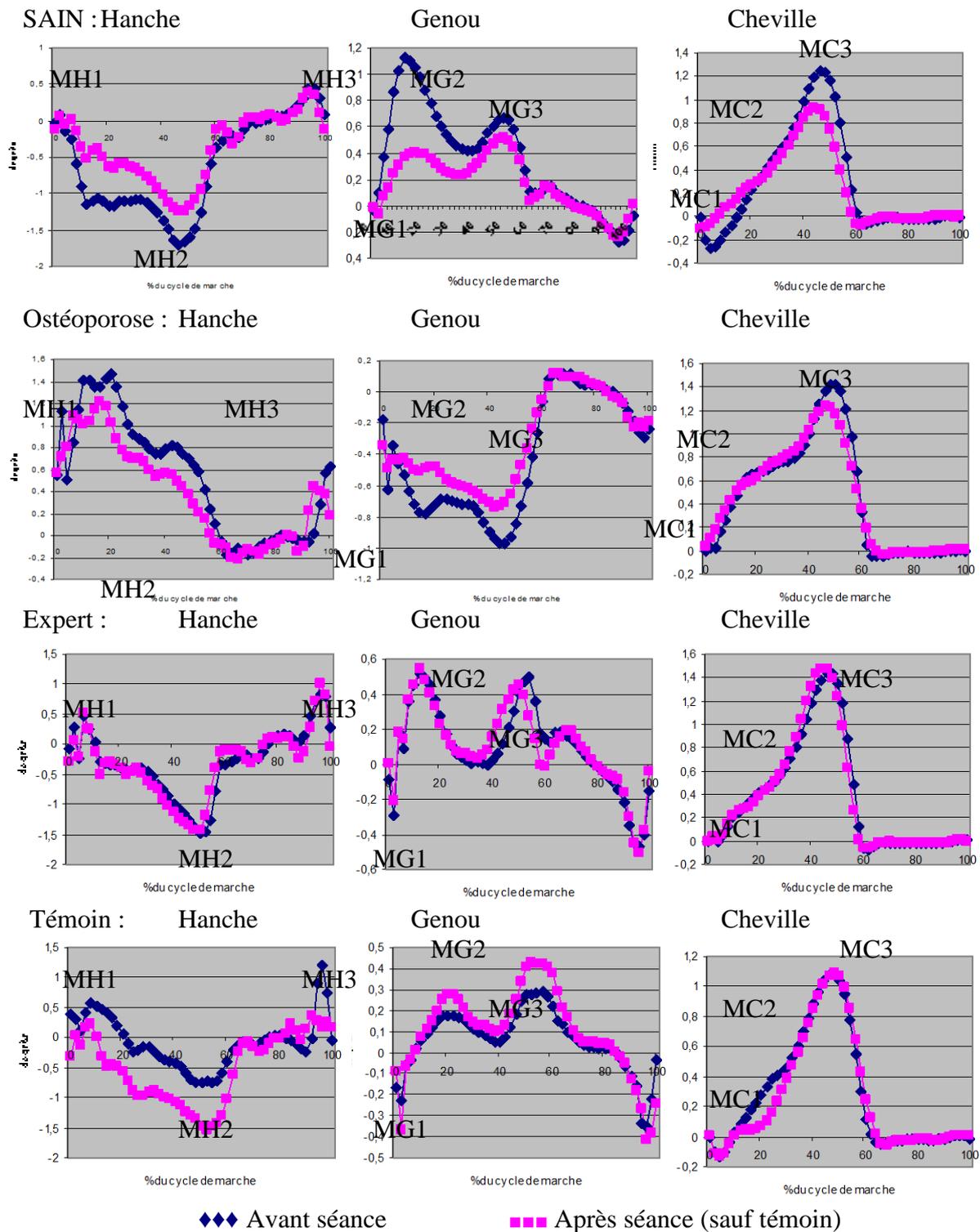


Figure 22 : Comparaison des moments de la hanche, du genou et de la cheville avant et après le qi gong, dans le plan frontal, après l'intervention pour les groupes sains, ostéoporoses et experts et après l'attente pour le groupe témoin.

Compte tenu de l'allure générale des courbes les vignettes de la cheville ne seront pas abordées.

## Les puissances avant et après le Qi Gong dans le plan sagittal

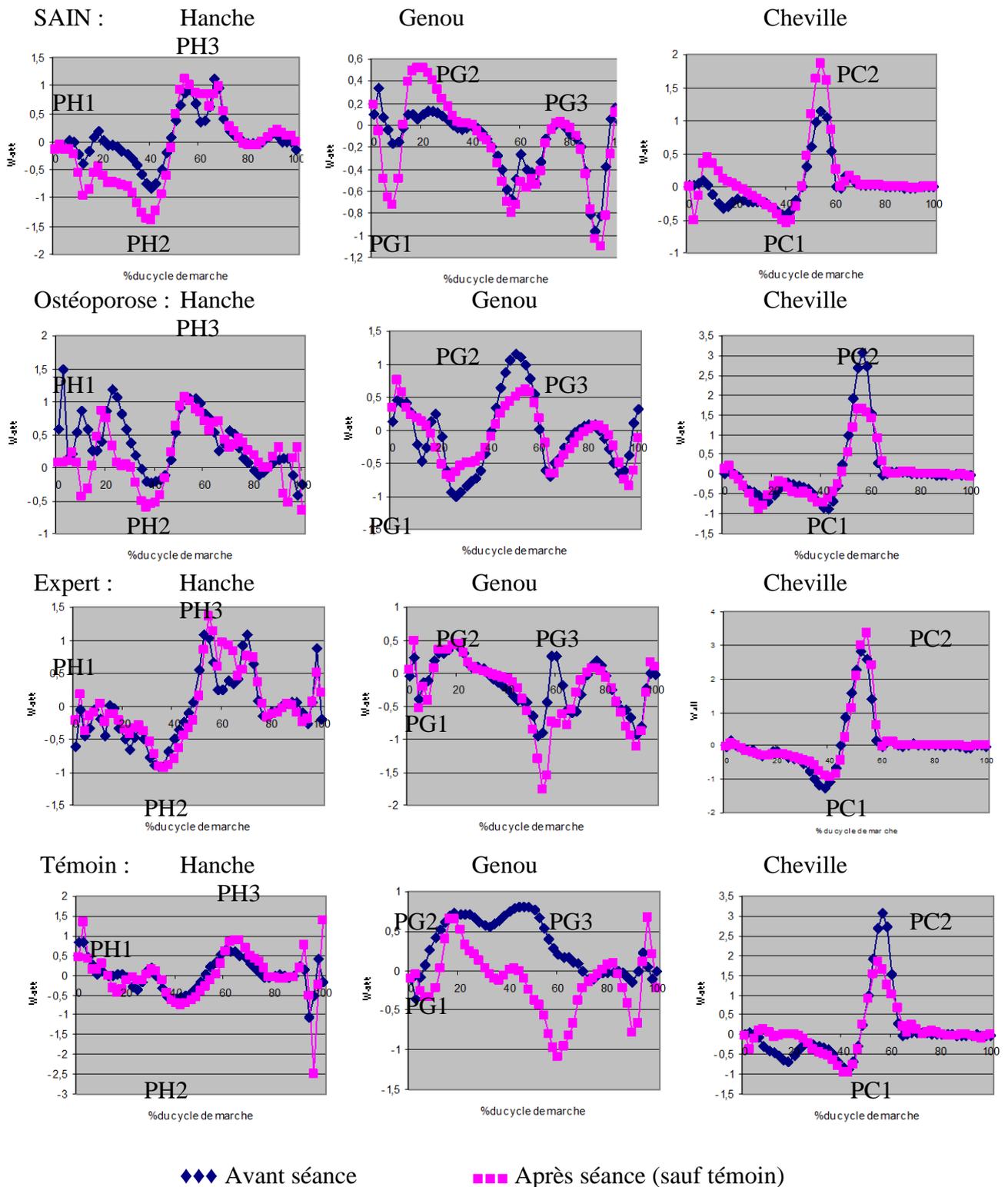


Figure 23 : Comparaison des puissances au niveau de la hanche, du genou et de la cheville avant et après l'intervention, dans le plan sagittal, pour les groupes sains, ostéoporoses et experts et après l'attente pour le groupe témoin.

*Compte tenu de l'allure générale des courbes les vignettes du genou ne seront pas abordées.*

Code variable	Sain	Ostéoporose	Expert	Témoin
	Avant vs Après	Avant vs Après	Avant vs Après	Avant vs Après
H1	-0,45	-12,70	10,50	26,23
H2	3,25	9,25	6,36	-33,26
H3	0,95	-13,77	7,83	16,69
G1	-46,61	-26,59	-11,81	261,35
G2	-27,25	-27,09	-16,50	18,59
G3	-42,90	181,60	-9,26	250,15
G4	-3,49	-0,18	16,89	-38,54
C1	25,40	160,45	-109,72	-248,21
C2	-53,20	-15,16	-47,36	-46,71
C3	60,40	7,35	42,70	10,40
C4	-53,20	-15,16	-47,36	-46,71
C5	73,01	-2,68	80,93	43,67
MH1	317,07	0,44	247,16	-178,47
MH2	-25,11	-13,63	10,49	-59,02
MH3	-27,51	-64,39	-3,56	103,47
MH4	-9,42	-27,25	22,08	-69,45
MG1	-61,30	91,05	-107,91	-47,73
MG2	-61,90	-30,65	6,23	59,09
MG3	-22,91	-12,63	-9,53	48,69
MC1	287,53	-582,11	-87,49	-274,72
MC2	-62,80	-582,11	-87,49	4,05
MC3	-25,75	-13,51	3,43	1,05
PH1	25,22	-88,83	-63,88	-46,48
PH2	66,69	160,25	0,97	22,29
PH3	18,45	1,79	24,49	-54,86
PC1	66,69	59,75	0,97	137,38
PC2	0,64	-9,17	24,49	112,60

Tableau 8 : Evaluation intra groupe des angles, moments et puissances au niveau de la hanche, du genou et de la cheville dans le plan sagittal chez les groupes Sains, Ostéoporoses et Experts après la séance de Qi Gong et après l'attente pour le groupe témoin.

Le plan Frontal :

Dans le plan frontal, Les courbes de cinématique et de cinétique sont présentées dans les figures 24 (angles) et 25 (moments).

Au niveau de la hanche, la cinématique du groupe Ostéoporose semble similaire au test d'avant séance. Cependant, on observe une très légère baisse du pic H3 (figure 16). Chez le groupe sain on observe une augmentation des pics maximaux lors de la phase de mise en charge (H2 et H3) chez le groupe Sain. De plus, chez le groupe Expert, on observe une absence du pic H2. Puis lors de la phase oscillante, on note une légère augmentation du pic minimal (H4) chez les trois groupes ayant pratiqués le Qi gong et une baisse chez le groupe Témoin. Enfin, on observe une absence de pic en fin de phase oscillante (H5) chez le sujet ostéoporotique.

En ce qui concerne les moments internes, on observe une hausse de MH2 lors de la phase de mise en charge pour l'ensemble des groupes et plus particulièrement chez les sujets Sains et Ostéoporoses. Pour MH3, on note une baisse chez le groupe sain qui amène la valeur du pic

après séance à celle du groupe Expert. Chez le groupe Ostéoporose, le MH3 augmente légèrement et reste après la séance supérieur aux autres groupes.

Au niveau du genou, on observe principalement une diminution de la variable G2 chez les groupes Sains, Ostéoporose et Témoin tandis que cette variable augmente chez le sujet Expert. De plus, la variable G4 augmente également chez les groupes Ostéoporoses, Experts et Témoin tandis que cette valeur diminue chez le groupe sain. Cependant, les valeurs du groupe Expert et du groupe Témoin restent inférieures aux autres groupes.

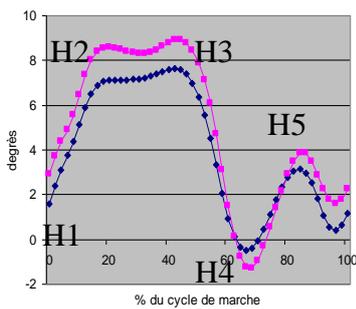
En ce qui concerne les moments internes, on observe en premier lieu une forte baisse de l'abduction en phase de mise en charge chez le groupe sain. Pour les autres groupes, les valeurs d'après séance restent très proches de celle d'avant la séance.

La cheville n'a pas été étudiée dans la comparaison intra sujet.

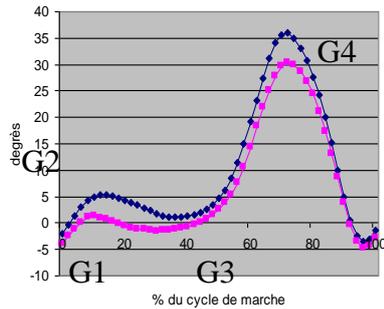
Pour résumer, l'ensemble des variations présentées ci-dessous est répertorié dans le tableau 9.

## Cinématique dans le plan frontal : Avant et après Qi Gong

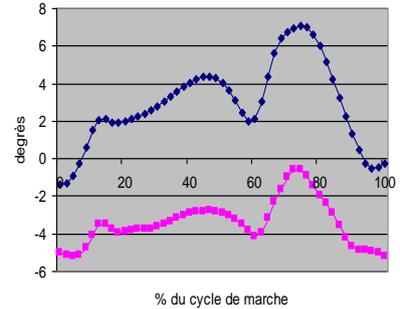
SAIN : Hanche



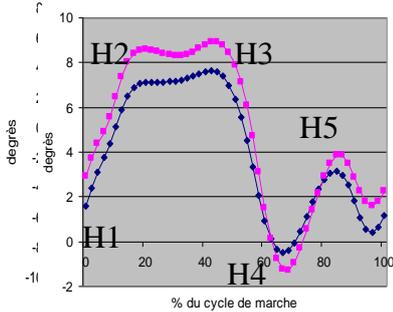
Genou



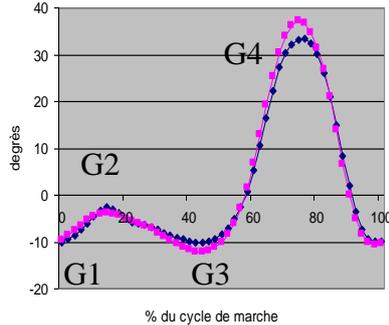
Cheville



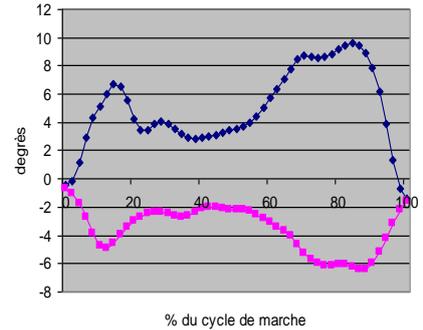
Ostéoporose : Hanche



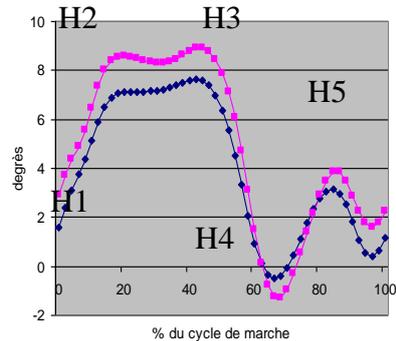
Genou



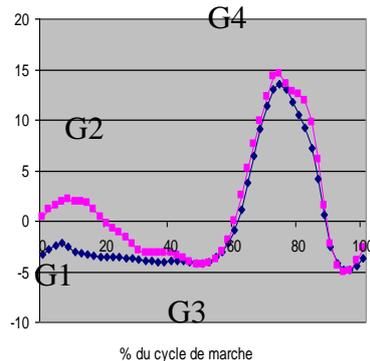
Cheville



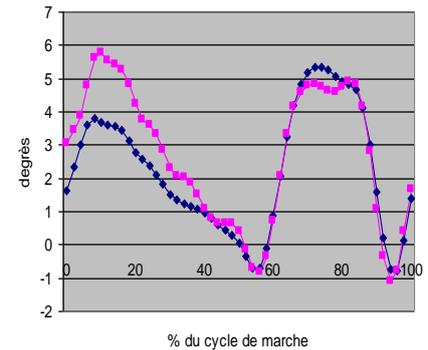
Expert : Hanche



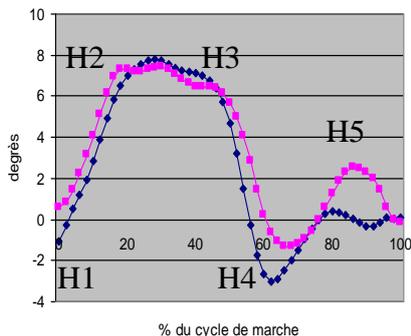
Genou



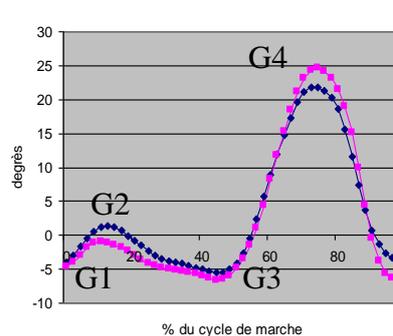
Cheville



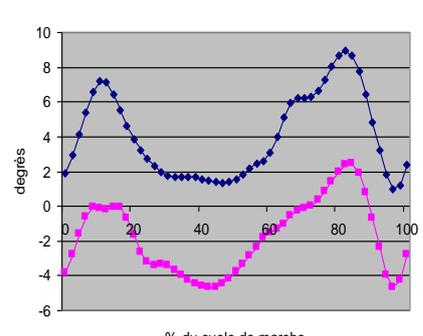
Témoin : Hanche



Genou



Cheville



◆◆ Avant séance

■ ■ ■ Après séance (sauf témoin)

Figure 24 : Comparaison de la cinématique de la hanche, du genou et de la cheville avant et après la séance, dans le plan frontal, après l'intervention pour les groupes sains, ostéoporoses et experts et après l'attente pour le groupe témoin.

Compte tenu de l'allure générale des courbes les vignettes de la cheville ne seront pas abordées.

## LES MOMENTS : AVANT ET APRES LE QI GONG DANS LE PLAN FRONTAL

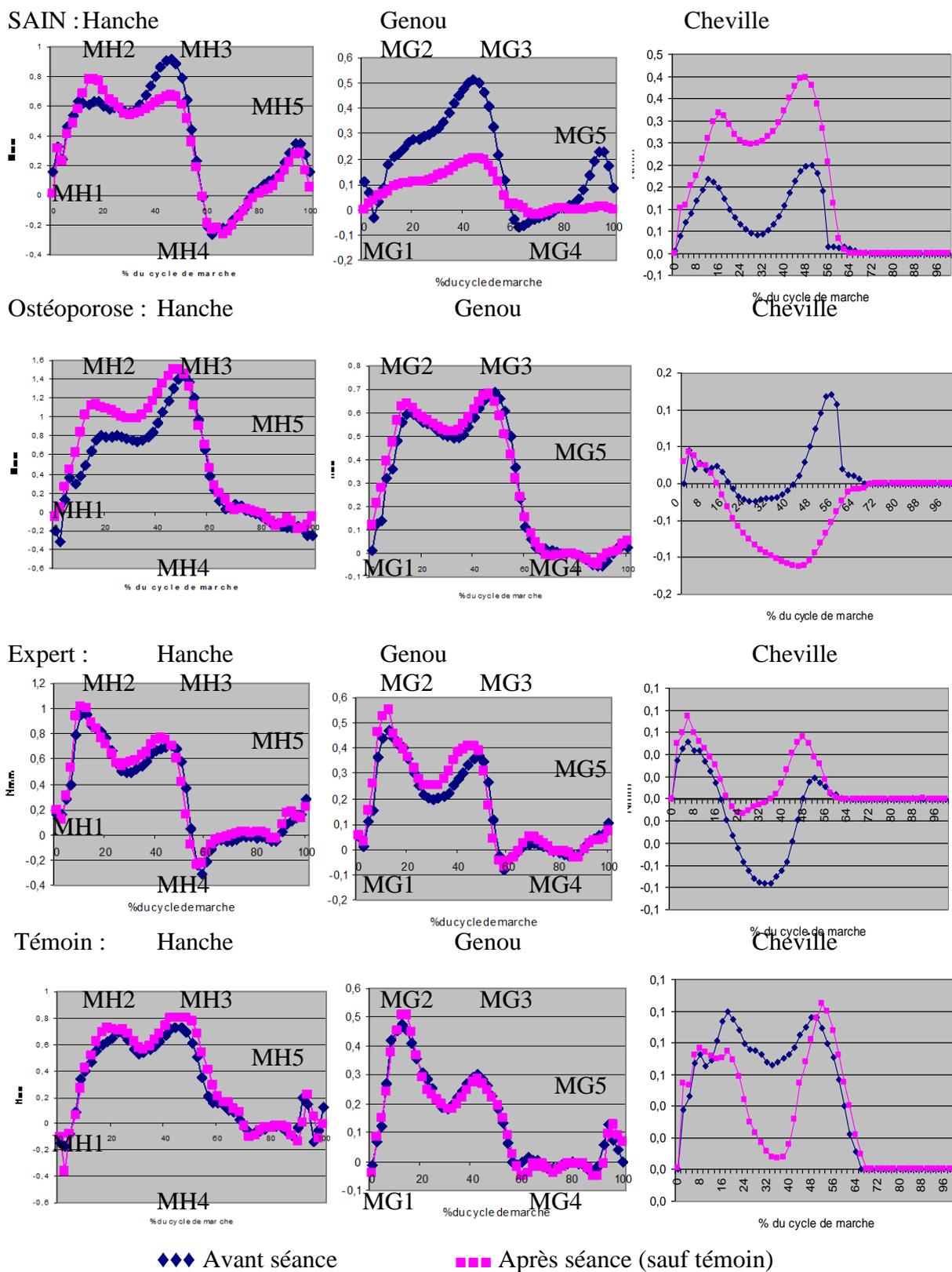


Figure 25 : Comparaison de la cinématique de la hanche, du genou et de la cheville avant et dans le plan frontal après l'intervention pour les groupes sains, ostéoporoses et experts et après l'attente pour le groupe témoin.

Code variable	Sain	Ostéoporose	Expert	Témoin
	Avant vs Après	Avant vs Après	Avant vs Après	Avant vs Après
H1	81,05	83,88	-82,27	-157,12
H2	19,98	0,41	-6,32	-5,31
H3	16,33	-11,14	4,64	-5,74
H4	150,93	5,20	22,72	-56,68
H5	22,21	146,00	-54,66	536,73
G1	94,71	-3,59	-112,53	16,96
G2	-75,79	48,92	-185,43	-163,40
G3	-235,28	20,34	3,75	20,46
G4	-15,39	11,04	7,05	12,71
MH1	-91,44	-77,13	28,21	-35,46
MH2	22,79	40,94	6,10	5,44
MH3	-26,42	4,68	8,87	10,21
MH4	-3,10	-29,00	-23,48	-78,20
MH5	-20,37	-54,94	39,01	15,45
MG1	-102,95	640,07	26,33	280,87
MG2	-61,94	7,51	17,28	6,29
MG3	-59,85	-0,77	10,60	-4,01
MG4	-122,23	-175,37	-14,60	293,54
MG5	-96,52	11,81	-5,83	1,36

Tableau 9: Evaluation de la différence au niveau des angles, moments et puissances sur la hanche, le genou et la cheville dans le plan frontal chez les groupes Sains, Ostéoporoses et Experts après la séance de Qi Gong et après l'attente pour le groupe Témoin.

### 1.3. La posturographie

Les résultats de posturographie seront divisés selon deux appellations : les tests bipodaux et les tests spécifiques (unipodal et Romberg). Dans les figures 28 et 29, présentées à titre illustratif nous pouvons observer la représentation de la surface du statokinésigramme chez le groupe ostéoporose. De même, la figure 28 représente, l'évolution de la position des centres de pression lors des tests bipodaux et la figure 29 représente, la position des centres de pression au cours du temps dans les conditions spécifiques.

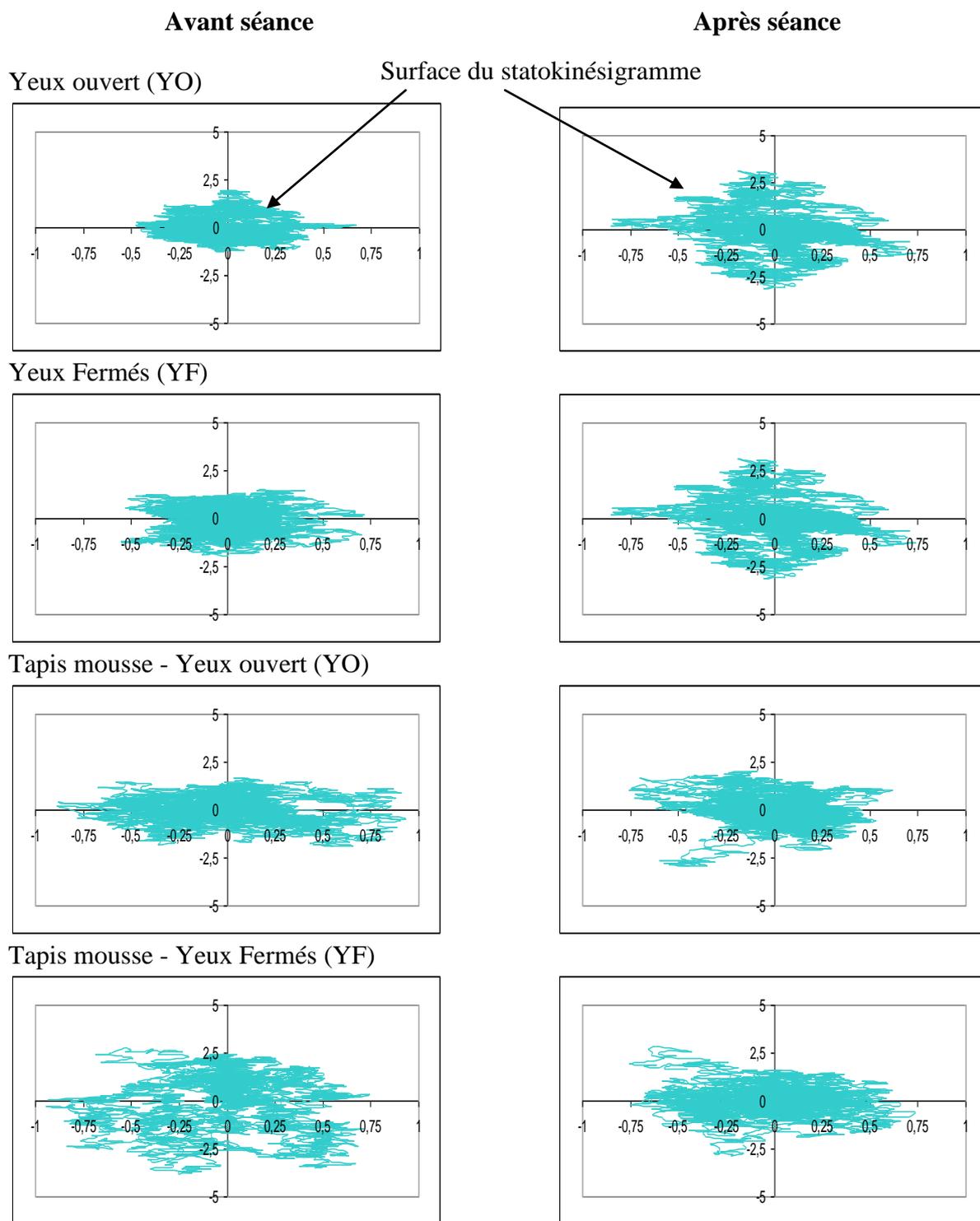


Figure 28 : Représentation du statokinésigramme (mm) centrés pour les tests bipodaux du sujet ostéoporotique (durée 60 sec).

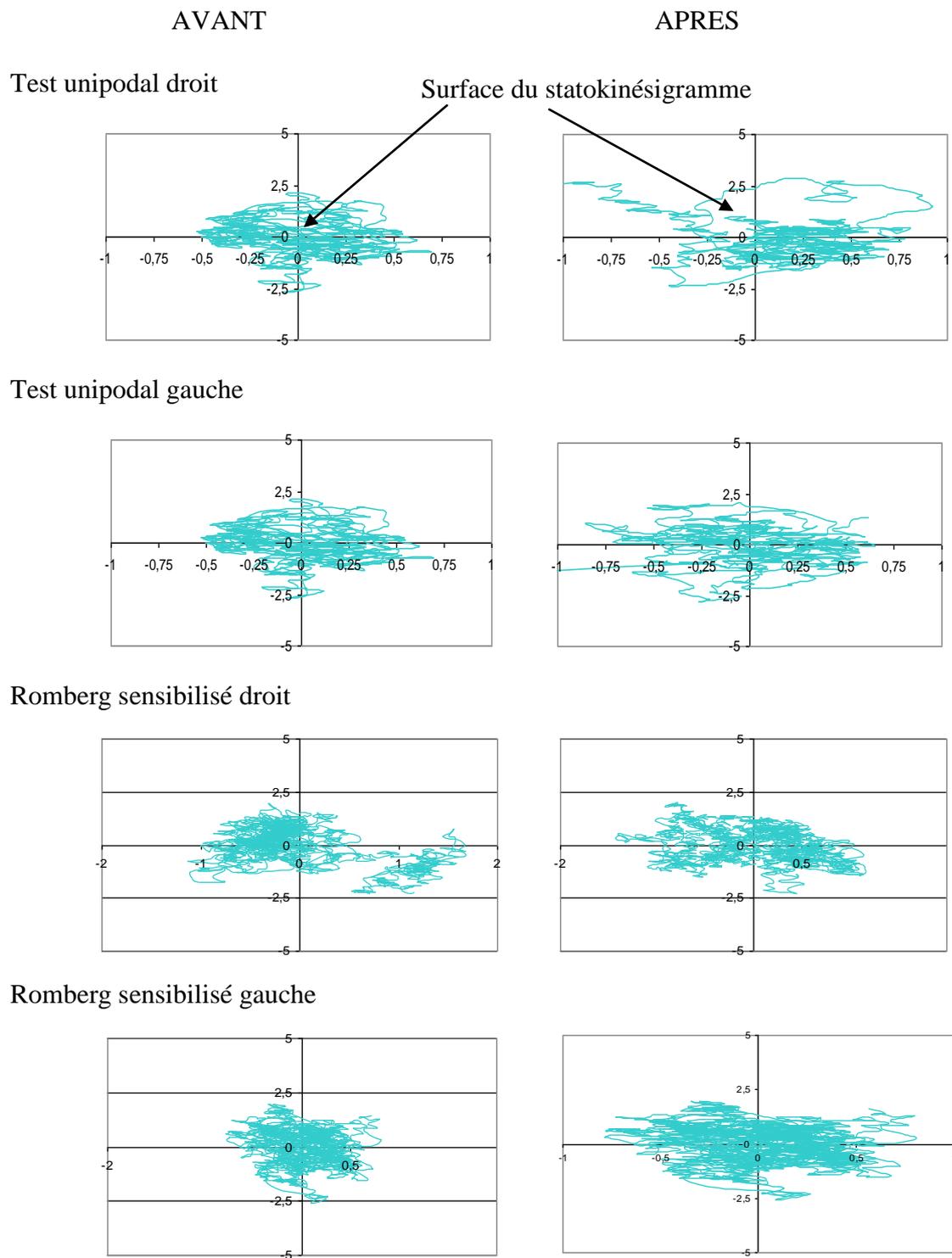


Figure 29 : Représentation du statokinésigramme (mm) centrée pour les tests spécifiques (durée 30 sec).

Les données enregistrées par la plateforme de force ont été traités. Les paramètres analysés sont les déplacements latéraux et antéro-postérieurs moyen, les amplitudes antéro-postérieures et latérales, les 95% de l'axe majeur de l'ellipse, les 95% de l'axe mineur de l'ellipse, la surface de l'ellipse, la pente de l'axe principal, la longueur du tracé, la densité de l'ellipse et la vitesse moyenne.

Les tests posturographiques simples :

Les tests de posturographie simples sont des tests en station bipodal dans les conditions yeux ouverts (YO), yeux fermés (YF), tapis mousse yeux ouverts (Tapis YO) et tapis mousse yeux fermés (Tapis YF). Les paramètres de posturographie de ces tests sont répertoriés dans les tableaux 10, 11, 12 et 13 pour les groupes Sains, Ostéoporoses, Experts et Témoins respectivement. Ces quatre tableaux expriment en pourcentage la différence entre les conditions YF, Tapis YO et Tapis YF par rapport à la condition YO d'avant séance. Le but de la condition YO/YF est d'observer l'importance du système visuel dans la stabilité du sujet et la condition tapis est de voir l'influence des capteurs plantaires (Tapis YO) et des systèmes visuels et plantaires sur la stabilité des sujets.

### Groupe Sain

	Avant				Après			
	YO	YF (%)	Tapis YO (%)	Tapis YF (%)	YO (%)	YF (%)	Tapis YO (%)	Tapis YF (%)
Déplacement antéropostérieur moyen (mm)	0,48	-19,39	77,04	65,61	18,37	3,13	62,97	78,27
Déplacement latéral moyen (mm)	0,32	10,14	42,43	45,30	24,12	15,64	54,09	103,80
amplitude antéropostérieure (mm)	3,53	-9,16	43,99	42,32	35,38	18,10	65,14	50,91
amplitude médio-latérale (mm)	2,79	8,70	11,93	34,79	37,32	14,63	20,67	40,53
95% de l'axe majeur de l'ellipse (mm)	1,50	-34,69	47,59	43,13	24,80	6,65	14,19	50,52
95% de l'axe mineur l'ellipse (mm)	0,37	1,26	8,22	27,09	54,32	-21,78	22,42	11,23
surface de l'ellipse (mm <sup>2</sup> )	1,70	14,58	49,19	106,90	8,37	-14,04	52,81	83,28
pente de l'axe principal	-30,77	-10,61	-12,51	-4,49	-105,98	19,94	4,78	18,41
longueur du tracé (cm)	34,39	7,36	1,17	8,69	1,54	7,83	-3,18	-2,80
densité de l'ellipse	0,005	-36,15	61,33	124,95	-2,06	-12,11	73,71	107,61
vitesse moyenne (mm/s)	6,08	1,46	-4,39	2,71	15,21	1,91	-8,50	-8,14

Tableau 10 : Comparaison des paramètres posturographiques du groupe sain par rapport à la condition YO de départ (avant séance)

En fonction de la condition YO/YF, on remarque avant la séance une perturbation de l'axe médio-latéral par une augmentation des paramètres de déplacement latéral moyen, d'amplitude médio-latérale, des 95% de l'ellipse sur l'axe mineur de l'ellipse. On note également une augmentation de la surface de l'ellipse et de la longueur du tracé ainsi que l'augmentation de la vitesse moyenne entre les conditions YO/YF et Tapis YO et Tapis YF.

Après la séance, on observe une augmentation dans la plupart des paramètres pour une même condition (YO vs YO). Cependant, la condition YF après séance semble moins touchée car les augmentations par rapport à la condition de référence (YO avant séance) sont inférieures à celles de YO après séance. Enfin dans les conditions tapis YF avant et après séance, on note une augmentation des oscillations du corps (augmentation des déplacements moyens et des amplitudes) alors que la surface de l'ellipse, la longueur du tracé et la vitesse moyenne diminuent.

Une partie des résultats observés chez le groupe Sain concorde avec les résultats du groupe Ostéoporose (Tableau 11). En effet, avant la séance, on note une majoration des déplacements moyens médio-latéraux. Ce phénomène s'amplifie au fur et à mesure de la complexité des

tests. De même que dans le groupe Sain on observe une augmentation des paramètres de posturographie par rapport à la condition de référence (YO vs YO).

D'ailleurs en comparant les conditions YO et YF après la séance on se rend compte de la diminution des paramètres oscillants (déplacements moyens, amplitude, 95% de l'axe) malgré une vitesse moyenne et une longueur de tracé supérieure. En outre, on note une diminution des déplacements antéro-postérieurs et médio-latéral entre les conditions tapis YF avant et après séance malgré une augmentation de la vitesse moyenne et de la longueur du tracé.

### Groupe Ostéoporose

	Avant				Après			
	YO	YF (%)	Tapis YO (%)	Tapis YF (%)	YO (%)	YF (%)	Tapis YO (%)	Tapis YF (%)
Déplacement antéropostérieur moyen (mm)	0,45	-3,20	2,40	132,20	71,82	48,32	11,85	10,61
Déplacement latéral moyen (mm)	0,18	78,01	77,80	231,54	127,23	47,53	78,26	58,76
amplitude antéropostérieure (mm)	3,15	-1,39	6,07	78,84	83,46	33,37	47,69	64,52
amplitude médio-latérale (mm)	1,17	85,01	111,03	234,76	110,00	64,60	102,28	119,49
95% de l'axe majeur de l'ellipse (mm)	0,92	18,30	29,21	210,78	174,88	107,68	53,30	46,35
95% de l'axe mineur l'ellipse (mm)	0,39	2,50	44,32	63,63	34,33	9,58	1,63	43,15
surface de l'ellipse (mm <sup>2</sup> )	1,12	21,26	86,48	408,51	2,06	127,57	55,80	109,50
pente de l'axe principal	-9,97	194,83	99,00	167,35	117,54	51,34	143,51	79,86
longueur du tracé (cm)	31,97	10,47	15,95	-6,03	6,24	8,48	8,37	11,98
densité de l'ellipse	0,00	9,77	60,83	441,12	247,56	109,78	43,76	87,08
vitesse moyenne (mm/s)	5,34	10,47	15,95	-6,03	6,24	8,48	8,37	11,98

Tableau 11 : Comparaison des paramètres posturographiques du groupe ostéoporose par rapport à la condition YO de départ (avant séance).

Chez le groupe Expert (tableau 12.) on note un nombre moins important de majoration entre la condition YO de référence et la condition YO d'après séance. De plus, contrairement aux autres groupes on observe une diminution des oscillations antéro-postérieures (baisse des déplacements moyens, de l'amplitude antéro-postérieure et des 95% de l'axe majeur) accompagnée de la baisse de la longueur du tracé et de la vitesse moyenne.

La baisse des oscillations antéro-postérieures se retrouve également dans les conditions après séance YF et Tapis YO. On retrouve également dans ces deux conditions une diminution des oscillations médio-latéral, de la surface et de la densité de l'ellipse, de la longueur du tracé et de la vitesse moyenne.

## Groupe Expert

	Avant				Après			
	YO	YF (%)	Tapis YO (%)	Tapis YF (%)	YO (%)	YF (%)	Tapis YO (%)	Tapis YF (%)
Déplacement antéropostérieur moyen (mm)	0,58	5,75	-27,66	12,26	-8,45	-26,06	-20,62	29,75
Déplacement latéral moyen (mm)	0,19	56,25	3,09	113,48	59,58	-17,17	41,65	41,67
amplitude antéropostérieure (mm)	3,35	16,38	-5,43	25,49	-4,29	-18,80	-17,22	51,86
amplitude médio-latérale (mm)	1,37	17,56	3,89	83,97	82,99	-18,49	22,93	58,31
95% de l'axe majeur de l'ellipse (mm)	1,72	-7,74	-38,34	-2,03	-17,84	-33,66	-35,28	-7,28
95% de l'axe mineur l'ellipse (mm)	0,24	68,17	11,55	142,45	120,80	24,27	6,50	138,94
surface de l'ellipse (mm <sup>2</sup> )	1,29	55,15	-31,22	137,52	81,42	-17,56	-31,07	121,54
pente de l'axe principal	-15,90	-0,77	25,80	54,01	52,89	-17,50	60,13	-40,38
longueur du tracé (cm)	27,37	1,79	-0,90	2,26	-2,55	-3,94	-2,25	2,39
densité de l'ellipse	0,0047	52,43	-30,59	132,28	86,17	-14,18	-29,48	116,36
vitesse moyenne (mm/s)	4,57	1,79	-0,90	2,26	-2,55	-3,94	-2,25	2,39

Tableau 12 : Comparaison des paramètres posturographiques du groupe ostéoporose par rapport à la condition YO de départ (avant séance)

Enfin, chez le groupe Témoin (tableau 13.), on remarque comme dans le cas du groupe Expert une baisse des paramètres touchant l'axe médio-latéral pour les conditions YO et YF après la séance. Cependant cette baisse n'est pas retrouvée dans les conditions tapis YO et tapis YF. Il existe de légères modifications de la longueur du tracé sans diminution de la vitesse moyenne de déplacement des centres de pression

## Groupe Témoin

	Avant				Après			
	YO	YF (%)	Tapis YO (%)	Tapis YF (%)	YO (%)	YF (%)	Tapis YO (%)	Tapis YF (%)
Déplacement antéropostérieur moyen (mm)	0,29	53,29%	40,27	125,52%	7,83%	33,54%	72,65%	89,85%
Déplacement latéral moyen (mm)	0,31	-28,55%	-11,20	33,81%	-48,96%	-36,08%	69,00%	19,73%
amplitude antéropostérieure (mm)	2,20	52,24%	41,30	88,28%	0,45%	48,55%	60,47%	134,60%
amplitude médio-latérale (mm)	1,58	31,24%	51,37	64,39%	-30,80%	6,80%	103,59%	69,24%
95% de l'axe majeur de l'ellipse (mm)	0,98	17,76%	38,71	78,00%	2,89%	15,47%	65,26%	64,17%
95% de l'axe mineur l'ellipse (mm)	1,58	-75,37%	-79,71	-58,67%	-83,92%	-83,73%	-42,29%	-71,26%
surface de l'ellipse (mm <sup>2</sup> )	0,98	43,92%	40,05	279,13%	-42,82%	-6,84%	358,65%	133,65%
pente de l'axe principal	-20,50	1,89%	33,27	15,68%	-2,50%	10,22%	64,81%	32,10%
longueur du tracé (cm)	31,51	1,72%	20,87	10,61%	-9,28%	-0,01%	-3,39%	8,45%
densité de l'ellipse	0,46	-2,16%	-23,47	-77,61%	-56,70%	-37,46%	3,84%	44,78%
vitesse moyenne (mm/s)	5,75	3,49%	10,58	1,20%	0,38%	7,12%	5,76%	16,60%

Tableau 13 : Comparaison des paramètres posturographiques du groupe ostéoporose par rapport à la condition YO de départ (avant séance)

Les tests spécifiques :

Les Tests spécifiques sont le test unipodal (U) et le test de Romberg sensibilisé (R). Ils ont été réalisés des deux cotés avant et après la séance de Qi Gong pour les groupes Sains, Ostéoporoses et Experts et après une attente d'une durée similaire à la séance pour le groupe Témoin.

Les paramètres étudiés dans les tests spécifiques sont les mêmes que dans les tests simples. La composante de temps de maintien est ajoutée car des différences de temps d'appui unipodal ont été rencontrées lors des expérimentations. Les paramètres posturographiques de chaque groupe sont répertoriés dans les tableaux 12, 13, 14 et 15 pour les groupes Sains, Ostéoporoses, Experts et Témoins respectivement.

Au niveau du test Unipodal Gauche (UG), on observe une diminution des oscillations antéropostérieure et médio-latérale uniquement chez le groupe Sain (tableau 12) accompagné d'une augmentation du tracé (+10,25%) et de la vitesse moyenne (>10%). Chez les autres groupes on remarque une augmentation des oscillations. Celles ci sont plus fortement marquées chez le groupe témoin (tableau 15) (>40%) que chez le groupe Expert (tableau 14) (<23%) et le groupe Ostéoporose (tableau 13) (<10%). Chez le groupe ostéoporose on note également une baisse du temps de maintien de 27,21% tandis que chez les groupes Sains et Experts il n'y a pas d'augmentation et chez le groupe témoin on observe une légère majoration (6,36%). Ensuite, chez le groupe Expert, on note une baisse de la longueur du tracé et de la vitesse

moyenne. Chez le groupe Témoin, on retrouve la baisse de la longueur du tracé mais on observe également une baisse du tracé malgré une majoration de la vitesse moyenne.

En ce qui concerne le test Unipodal Droit (UD), on observe une baisse des oscillations chez le groupe Témoin. Cependant, les valeurs de référence (avant séance) étaient supérieures aux valeurs de référence des autres groupes. Chez le groupe Ostéoporose on note une augmentation des oscillations. Celles ci sont supérieures dans l'axe médio-latérales que dans le plan antéro-postérieur. Malgré cette augmentation, on observe également une augmentation du temps de maintien (>60%). Chez les groupes Sains et Experts le temps de maintien était maximal (30s) avant et après la séance. Cependant, on remarque une augmentation des paramètres posturographiques également chez ces deux groupes avec une diminution de la surface et de la densité de l'ellipse chez le groupe Expert

#### Groupe Sain

Résultat en pourcentage	UG		UD		RG		RD	
	avant	après	avant	Après	avant	après	avant	après
Déplacement antéropostérieur moyen (mm)	0,78	-4,59 %	0,56	+31,92 %	1,00	-3,88 %	0,86	+31,94 %
Déplacement latéral moyen (mm)	0,90	-29,20 %	0,39	+29,61 %	0,61	+49,30 %	0,57	+9,49 %
amplitude antéropostérieure (mm)	5,59	-18,21 %	3,54	36,77 %	6,53	-0,15 %	5,28	+47,10 %
amplitude médio-latérale (mm)	5,50	-19,66 %	2,61	+19,42 %	4,04	+43,45 %	4,03	-0,64%
95% de l'axe majeur de l'ellipse (mm)	2,89	-19,23 %	1,69	+30,87 %	39,04	+28,64 %	24,80	+117,71%
95% de l'axe mineur l'ellipse (mm)	0,68	+8,61 %	0,41	+10,51 %	327,49	-1,09 %	329,12	-2,60 %
surface de l'ellipse (mm <sup>2</sup> )	6,22	-7,17 %	2,20	+47,14 %	7,51	-22,60 %	8,23	-39,14 %
longueur du tracé (cm)	12,15	10,25 %	9,06	+20,90 %	30,80	-5,21 %	32,41	1,55 %
densité de l'ellipse	0,05	-14,55 %	0,03	+13,47 %	142,36	+20,26 %	79,10	108,13
vitesse moyenne (mm/s)	10,18	+10,25%	7,59	+20,90 %	10,36	-5,21 %	10,90	1,55
Temps de maintien (s)	30	0 %	30	0 %	30	0 %	30	0%

Tableau 12 : Evaluation des paramètres de posturographie lors du test unipodal et du test de romberg sensibilisé sur les jambes gauches et droite du groupe Sain.

## Groupe Ostéoporose

Résultat en pourcentage	UG		UD		RG		RD	
	avant	apres	avant	apres	avant	apres	avant	apres
Déplacement antéropostérieur moyen (mm)	0,58	+7,56 %	0,57	+17,72	0,57	+0,01 %	0,51	+11,01%
Déplacement latéral moyen (mm)	0,37	+3,95 %	0,37	+67,20	0,36	+0,01 %	0,62	-15,74 %
amplitude antéropostérieure (mm)	4,41	+5,09 %	4,41	+13,32	4,00	+4,74 %	3,58	-1,84 %
amplitude médio-latérale (mm)	1,96	+6,18 %	1,96	+453,30	2,37	- 0,5 %	3,32	-6,29 %
95% de l'axe majeur de l'ellipse (mm)	1,63	+7,08 %	1,63	+38,46	1,65	-5,73 %	1,62	-6,17 %
95% de l'axe mineur l'ellipse (mm)	0,52	+24,13 %	0,52	+323,94	0,59	-0,08 %	1,19	-9,37 %
surface de l'ellipse (mm <sup>2</sup> )	2,65	+32,91 %	2,65	+486,96	2,91	-0,04 %	6,08	-14,96 %
longueur du tracé (cm)	8,83	+2,42 %	8,93	-0,75	21,47	0,08 %	21,86	-5,59 %
densité de l'ellipse	0,03	+29,78 %	0,03	+491,37	0,01	-0,13 %	0,03	-9,92 %
vitesse moyenne (mm/s)	7,50	+2,42 %	7,48	+0,60	7,22	0,08 %	7,35	-5,59 %
Temps de maintien (s)	15,80	-27,21%	10,1	+60,49%	30	0 %	30	0 %

Tableau 13 : Evaluation des paramètres de posturographie lors du test unipodal et du test de romberg sensibilisé sur les jambes gauches et droite du groupe ostéoporose (Pour le temps de maintien (s), la valeur 0 % après la séance signifie que le sujet à été arrêté à 30 sec comme avant la séance)

En ce qui concerne le test de Romberg sensibilisé gauche (RG), on observe une augmentation des oscillations antéro-postérieures et médio-latérales chez les groupes Sains et Témoins tandis que chez le groupe Ostéoporose les valeurs restent stable (+0,01%) et diminuent chez le groupe Expert. On observe cependant une diminution de la surface de l'ellipse et de la longueur de tracé et de la vitesse moyenne chez les groupes Sains et Expert. Le groupe ostéoporose diminue sa surface de l'ellipse et garde des valeurs proches d'avant la séance pour la longueur du tracé et de la vitesse moyenne (+0,08%).

Au niveau du test de Romberg Sensibilisé Droit (RD), on observe une diminution de l'amplitude antéro-postérieure et des oscillations médio-latérales (déplacement moyen et amplitude confondus) chez le groupe Ostéoporose ainsi que chez le groupe Expert. Dans le groupe Sain, on note une augmentation de ces mêmes paramètres alors qu'il diminue chez le groupe Témoin. Chez les quatre groupes on note une baisse de la surface de l'ellipse. La longueur du tracé quant à elle reste stable pour les groupes Sains et expert (augmentation inférieure à 2%) et diminue chez le groupe Ostéoporose (5,59%) et chez le groupe Témoin (6,19%). Enfin la vitesse moyenne reste stable chez les groupes Sains et Experts et diminue chez les groupes Témoins et Ostéoporose.

## Groupe Expert

Résultat en pourcentage	UG		UD		RG		RD	
	avant	Après	avant	apres	avant	apres	avant	apres
Déplacement antéropostérieur moyen (mm)	0,52	+13,85%	0,60	+19,83%	0,58	+3,78%	0,99	-8,50%
Déplacement latéral moyen (mm)	0,40	+22,14%	0,36	+8,52%	0,46	-6,34%	0,59	-24,50%
amplitude antéropostérieure (mm)	3,38	+21,77%	3,38	+35,50%	4,22	-6,97%	6,34	-14,53%
amplitude médio-latérale (mm)	2,91	+8,07%	1,90	+79,52%	3,03	7,05%	3,24	-6,83%
95% de l'axe majeur de l'ellipse (mm)	1,40	+11,25%	1,66	+28,39%	1,78	0,14%	2,65	-11,51%
95% de l'axe mineur l'ellipse (mm)	0,88	+36,48%	0,43	+29,77%	0,68	-22,01%	1,37	-25,49%
surface de l'ellipse (mm <sup>2</sup> )	3,88	+51,82%	2,22	+76,89%	3,81	-21,90%	11,46	-34,06%
longueur du tracé (cm)	8,44	-11,43%	6,33	+6,58%	18,49	-7,00%	17,23	0,89%
densité de l'ellipse	0,05	71,41%	0,04	-56,33%	0,02	-16,02%	0,07	-34,65%
vitesse moyenne (mm/s)	7,07	-11,43%	5,30	+6,58%	6,22	-7,00%	5,79	0,89%
Temps de maintien (s)	30	0%	30	0%	30	0%	30	0%

Tableau 14 : Evaluation des paramètres de posturographie lors du test unipodal et du test de romberg sensibilisé sur les jambes gauches et droite du groupe expert. (Pour le temps de maintien (s), la valeur 0 % après la séance signifie que le sujet à été arrêté à 30 sec comme avant la séance)

## Groupe Témoin

Résultat en pourcentage	UG		UD		RG		RD	
	avant	Après	avant	apres	avant	apres	avant	apres
Déplacement antéropostérieur moyen (mm)	0,54	+42,05%	0,89	+25,12%	0,50	+15,34%	0,59	-1,40%
Déplacement latéral moyen (mm)	0,35	+521,76%	0,66	+46,83%	0,32	+40,40%	0,44	-29,63%
amplitude antéropostérieure (mm)	3,63	+146,39%	10,58	+160,40%	3,25	+11,16%	4,21	-0,82%
amplitude médio-latérale (mm)	2,49	+212,33%	11,01	+240,39%	2,06	+31,62%	2,65	-10,66%
95% de l'axe majeur de l'ellipse (mm)	1,56	-25,31%	2,65	+39,51%	1,28	+31,55%	1,71	-5,58%
95% de l'axe mineur l'ellipse (mm)	0,49	+112,93%	0,77	+22,86%	0,74	-28,20%	0,89	-36,44%
surface de l'ellipse (mm <sup>2</sup> )	2,55	+18,13%	7,29	+89,38%	3,02	-10,59%	4,67	-38,77%
longueur du tracé (cm)	36,47	-72,05%	13,13	+44,24%	13,10	+13,06%	15,22	-6,19%
densité de l'ellipse	0,23	-56,91%	0,05	+12,21%	0,03	-13,57%	0,03	-23,67%
vitesse moyenne (mm/s)	6,09	40,79%	11,00	+43,37%	6,40	+10,09%	7,27	-4,27%
Temps de maintien (s)	11	+6,36%	16	+ 3,13%	30	0%	30	0%

Tableau 13 : Evaluation des paramètres de posturographie lors du test unipodal et du test de romberg sensibilisé sur les jambes gauches et droite du groupe témoin.

## IV. Discussion

### 1. Les limites

Cette étude comporte un certain nombre de limites. Tout d'abord la taille de l'échantillon est insuffisante. En effet, le fait de n'avoir qu'un sujet ostéoporotique plutôt d'une étude de cas. Cependant, nous avons du faire face à des difficultés de recrutement. Dans le cadre de future recherche à ce sujet, il apparaît donc nécessaire de recruter une population d'au moins 10 sujets pour chaque groupe.

Ensuite, les résultats cinétiques de l'analyse de la marche seraient plus complets si nous avons pu utiliser les deux plate-formes de force. Il apparaît plus judicieux d'observer les deux jambes chez la personne âgée car l'avancé en âge provoque une modification du pattern de marche qui peut être plus marquée sur l'une ou l'autre jambe.

De plus, nous avons observé un effet avant/ après chez le groupe témoin. Il était donc plus compliqué de faire la différence entre l'effet de la séance ou l'effet de la fatigue.

Enfin, malgré une grande rigueur dans la pose des marqueurs, nous n'avons pas été en mesure de traiter certaines courbes dans le plan frontal et l'ensemble des courbes dans le plan transversal. Nous ne pouvons donc pas étendre notre réflexion sur la cinématique et la cinétique des différentes articulations des membres inférieurs dans l'axe de la rotation.

### 2. La marche

#### 2.1. Les paramètres temporeux

Les paramètres temporeux ont été relevés au cours de l'analyse de la marche avant et après la participation à la séance de Qi gong chez les sujets sains, ostéoporotiques et experts et après l'attente chez le groupe témoin.

Nous avons observé une variabilité des mesures chez le groupe Témoin dans certains paramètres (décollement du pied, temps de simple appui, temps de double appui). Ces résultats sont peut être le signe d'une fatigue due à la durée de l'expérience.

Pour les groupes ayant pratiqué le Qi Gong on note une augmentation de la durée du cycle et de la durée du pas accompagnée d'une diminution de la cadence. Cependant, on observe également une diminution de la vitesse de marche, de la longueur du pas et de la longueur du cycle (tableau 4 et 5). Sachant que le groupe Expert suit la même logique on peut alors émettre l'hypothèse que la séance de Qi Gong a eu un effet relaxant sur l'organisme et se révèle dans le déplacement des sujets. En effet, le Qi Gong est une activité interne possédant des capacités équilibratrices et relaxante grâce au relâchement musculaire (Yang et al. 2007).

En outre, on note chez le groupe ostéoporotique une diminution du temps de double appui (25%). Or il a été montré dans la littérature que l'augmentation du temps de double appui est un facteur du risque de chute chez la personne âgée (Beauchet et Berrut, 2006). Sachant que le groupe ostéoporose est le seul groupe à risque de chute ayant pratiqué la séance et à la vue de

ce résultat on peut ainsi conserver l'hypothèse que la séance de Qi Gong aurait eu un effet équilibrateur sur la marche d'une personne âgée ostéoporotique à risque de chute.

## 2.2. La cinématique et la cinétique

Les résultats de cinématique et de cinétique ont montré avant et après la séance chez le groupe Sain et Ostéoporose une utilisation majeure de l'articulation de la cheville. En effet, chez le sujet Ostéoporose nous avons observé une faible flexion de genou lors de la phase oscillante (G4 figure 15) ainsi que des moments de hanches et de genoux différents des autres groupes. Cette différence est soit la conséquence d'une erreur de pose de marqueur ou de la mise en place d'une stratégie de marche particulière chez le groupe Ostéoporotique. Sachant qu'un seul sujet compose ce groupe et que l'ostéoporose peut provoquer des douleurs lombaires et que le vieillissement s'accompagne généralement d'arthrose alors il serait envisageable que le sujet ait une démarche différente des autres groupes que l'on appelle démarche 'pantouflarde' de la personne âgée. Enfin, au niveau des moments internes de cheville, on a relevé un pic rapide lors de la phase de mise en charge (MC2) et un pic lors de la phase pré-oscillante approximativement similaire au groupe Expert. Chez le groupe sain, nous avons constaté des moments de hanche inférieurs aux autres groupes et la présence de moments du genou supérieur aux autres groupes avant la séance mais qui pourrait être la conséquence d'un offset lors du traitement des données. En effet, après la séance les moments internes du genou dans le plan sagittal deviennent proche des valeurs du groupe Expert. Le groupe Expert quand à lui semble utiliser davantage l'ensemble de ses articulations. Cependant, il n'est pas possible de dire s'il s'agit d'un effet d'âge puisque le sujet qui compose ce groupe est vingt ans plus jeunes que les autres sujets, poids (plus lourd) ou expertise... Malheureusement, il n'était pas possible de trouver un autre expert en Qi Gong. Enfin, le groupe Témoin semble, après la séance, utiliser de façon plus importante le genou que la cheville. Cette constatation pourrait être synonyme d'une fatigue ou d'une lassitude chez ce groupe.

Au niveau de l'approche inter-groupe, il semble se dégager une tendance à avoir une marche spontanée qui se rapproche de la marche travaillé durant la séance et qui serait plus sécuritaire. Ce type de locomotion serait donc moins couteux en terme de soin de santé car, par son action sécuritaire, la personne âgée limiterait les risques de chute et de fracture et ainsi éviterait l'entrée en hospitalisation. A ce constat s'ajoute, une tendance à obtenir des amplitudes plus importante. Nous voyons ainsi un intérêt à proposer ce type d'activité pour les populations ayant des restrictions d'amplitude et une tendance globale à la réduction des pics les plus importants.

En perspectives, il serait intéressant de voir si les effets perdurent après un temps de pratique de plusieurs mois ainsi que le temps que ceux ci se maintienne après l'arrêt de l'activité. On peut également se demander si cette action porte un effet réel sur les risques de chute et les chutes réelles. Ces deux points restes à confirmer par des études plus spécifiques et surtout sur des populations plus importante.

## 3. La posturographie

### 3.1. Les tests posturographiques simples

Le groupe témoin a montré une augmentation des déplacements moyens et de l'amplitude antéro-postérieure en fonction du type de la condition (YO<YF et Tapis YO< Tapis YF). En effet, les travaux de Fransson (1998) on montré que l'amplitude est le plus souvent inférieure en condition yeux ouvert qu'en condition yeux fermé. On a donc observé l'importance du

système visuelle (YO<YF) et du système plantaire (Tapis YO< Tapis YF ) avant et après la séance. De plus, selon Teasdale et Simoneau (2001), la proprioception en l'absence de la vision provoque une augmentation de la charge attentionnelle. Il en est de même pour l'amplitude médio-latérale. Le groupe Témoin oscille donc dans un cône renversé dont la surface de l'ellipse, la longueur du tracé et la vitesse moyenne augmente lors de la complication de la tâche (Kemoun, 2001). De plus, il semblerait qu'il n'y est pas de réelle différence entre les premiers tests et ceux d'après l'attente.

Tandis que chez le groupe Expert, pratiquant depuis au moins vingt an le Qi Gong, on observe après la séance de Qi Gong, une réduction de ses déplacements et amplitudes dans les plans antéro-postérieurs et médio-latéral pour les conditions YO avant vs YO après et YO avant vs YF après. Les résultats dans le plan antéro-postérieur rejoignent ceux de Tsang et Hui Chan (2006) dans une étude portant sur une activité proche du Qi Gong : le tai chi chuan. De plus, il semblerait que la diminution soit d'autant plus marqué dans la comparaison YO après et YF après. On peut donc émettre l'hypothèse que le travail statique en station bipodal les yeux fermés a permis d'amplifier le phénomène de stabilisation de ce groupe. Ce résultat est retrouvé dans la condition Tapis YO après mais n'est pas observé dans la condition Tapis YF après. Cependant, sachant que le Qi Gong se pratique sur une surface plane sans variation de déniveler, il est possible que dans la condition tapis YO le groupe Expert utilise en complémentarité des informations visuelles et en ce sens dans la même condition les yeux fermés il apparaît normal de ne pas observer de progression. Ainsi la perturbation persiste au niveau des capteurs plantaires car ils n'ont pas été assez stimulés lors de la séance. En outre, nous avons observé une baisse de la longueur de tracé et de la vitesse moyennes dans les conditions YO, YF et Tapis YO après séance. Cette constatation conforte notre hypothèse d'une meilleure stabilité suite à la séance de Qi Gong puisque ces résultats ne sont pas retrouvés chez le groupe Témoin.

Pour nos groupes Sains et Ostéoporoses, on observe une majoration des oscillations en conditio YO après séance en comparaison avec YO avant séance. Cette augmentation pourrait s'expliquer par une perturbation du champ visuel suite à un travail les yeux fermés ou également d'une fatigue ou d'un relâchement de la concentration suite à l'effort interne demandé par le Qi Gong lors du travail statique. Or il s'avère que l'écart entre la condition YO de départ et la condition YF d'après séance soit moins élevé que celui de la condition YO après séance. En ce sens, nous pourrions dire que le travail les yeux fermés lors du Qi Gong limite les perturbations antéro-postérieures et médio-latérales. Cependant, la surface de l'ellipse et la longueur du tracé augmente chez le groupe Ostéoporose alors qu'il diminue chez les groupes Sains et Experts. De plus, on remarque que la surface de l'ellipse, la longueur du tracé et la vitesse moyenne sont supérieures pour YF après et Tapis YF après par rapport à YO après et Tapis YO après. On pourrait alors penser que le groupe Ostéoporose, après la séance de Qi Gong est plus à l'écoute de son corps et essaie de gérer au mieux les oscillations. Enfin les conditions tapis ne montrent pas de progression au niveau des déplacements moyens et des amplitudes dans les deux axes chez le sujet sain malgré une baisse de la vitesse moyenne et de la longueur du tracé. On peut alors envisager que le groupe Sain pourrait à la fin des 30 minutes de Qi Gong commencer à avoir une meilleure appréciation des sensations de mouvements corporelles sans pour autant minimiser ses oscillations tout comme le groupe Expert. Ce résultat n'est pas retrouvé chez le groupe Ostéoporose. On note cependant une amélioration de la vitesse moyenne en comparant les conditions YF avant/ après et tapis YO avant après qui pourrait être la conséquence d'une meilleure concentration sur soi même permise par le Qi Gong.

### 3.2. Les tests spécifiques

Les tests unipodaux ont une durée variable selon les groupes. On observe également une durée variable selon la jambe chez les groupes Ostéoporoses et Témoin. Cette différence peut s'expliquer par la notion de pied moteur / pied pilier décrite par Weber et al. (2005). Cette notion détermine qu'un temps d'appui unipodal court est associé à une technique de hanche et devrait annoncer un risque de chute. Tandis qu'un temps d'appui long (30 secondes dans notre étude) est associé à une technique de pied. Dans le cas d'un temps d'appui différent, il se trouve que le sujet utilise aussi bien une technique de hanche qu'une technique de pied sur le pied pilier ou sur le pied moteur. Pour le groupe Témoin, il existe une légère différence du temps de maintien comparé à celle du groupe Ostéoporose. Après le temps d'attente, on observe une augmentation des paramètres. Le test unipodal contient alors plus d'oscillation qu'avant l'attente. Cela pourrait s'expliquer par la probabilité d'une fatigue ou à une lassitude suite à l'attente du groupe Témoin. De plus, selon Mao et al. (2006), l'avant pied et le gros orteil joue un rôle important dans l'équilibre unipodal lors du tai chi par le biais du sens tactile et des muscles du pied. Or la sensibilité et l'action de ces muscles diminuent en fonction de l'âge.

Chez les groupes pratiquant le Qi Gong on note une augmentation des paramètres posturographiques excepté sur la jambe gauche du groupe Sain. L'augmentation des paramètres s'expliquent par le type d'exercice proposé lors de la séance Qi Gong. En effet, l'équilibre unipodal n'a pas été réellement abordé lors de la séance excepté lors de la marche Qi Gong et durait moins de 5 secondes. Or ce temps d'appui n'est pas suffisant pour permettre la progression des sujets dans ce type de tests.

En ce qui concerne le test de Romberg, il était réalisé sous deux formes : avec la jambe droite devant (RD) et avec la jambe gauche devant (RG). Selon Winter et al (1996), cette position en tandem relève d'une stratégie de cheville dans le plan antéro-postérieur et d'une stratégie de hanche dans le plan médio-latéral. Cette notion permettra de nous aiguiller. Nos résultats ont montré une hausse des oscillations antéro-postérieures et médio-latérales chez le groupe Témoin lors de RG et une légère baisse lors de RD après l'attente. Cependant, sachant que les valeurs acquises en RD étaient légèrement supérieure à RG avant l'attente. En ce sens, les valeurs de RG et RD restent proche sans pour autant qu'il y ait eu de progression. Chez le groupe expert on note une diminution la majeure partie des paramètres de posturographie après la séance dans les deux conditions. La séance de Qi Gong était principalement en position bipodal et que le second exercice demandait aux sujets de faire basculer l'ensemble du poids du corps de la jambe postérieure vers la jambe antérieure avant de lever la jambe postérieure. Sachant que le groupe Expert pratique depuis plus de vingt ans le Qi Gong il apparaît alors normal qu'après sa séance le sujet soit capable de gérer ses transferts d'appui et de minimiser les oscillations qui s'en dégagent. Ces résultats sont également observés chez les groupes Sains et Ostéoporoses. Pour le groupe Sain, on note un moins grand nombre d'oscillation antéropostérieur, une baisse de la surface de l'ellipse et une baisse de la longueur du tracé suite à la séance lors du RG. Cependant lors du RD les résultats ne sont pas similaires. En effet, malgré une baisse de la surface de l'ellipse et de l'amplitude médio-latérale, les autres paramètres augmentent. Ce constat pourrait s'expliquer en empruntant les notions de pied pilier et de pied moteur puisque dans la marche l'on peut définir un pas propulseur et un pas équilibrateur . En ce sens, le pied gauche serait équilibrateur et le pied droit propulseur. Ce constat serait d'ailleurs vérifié par le test unipodal ou l'on observe une baisse des oscillations sur le pied gauche et une hausse sur le pied droit. Chez le groupe

Ostéoporose, on obtient des valeurs proches des tests initiaux pour le RG avec quelques majorations et minorations infimes cependant on observe une diminution plus importante dans les 95% de l'axe majeur de l'ellipse (5,73%). Ces résultats rejoignent ceux du groupe Sain (RG) dans une moins grande proportion. De plus, on observe une diminution lors du RD chez le groupe Ostéoporose avec entre autre une diminution de la vitesse moyenne tout comme chez le groupe Expert. On pourrait alors émettre l'hypothèse que le pied droit de ce groupe serait le pied équilibrateur. Or on observe une augmentation du temps d'appui unipodal droit après la séance. En effet, dans cette étude, la latéralisation des sujets était commune puisqu'ils étaient tous droitiers. Cependant, il est également envisageable que le groupe Ostéoporose n'est pas réalisé son temps maximal en UD avant la séance suite à la précipitation ou au stress. En effet, selon Maki et McIlroy (1995), l'excitation peut provoquer un changement dans l'efficacité de la réponse stabilisatrice liée à l'augmentation de l'activité musculaire de la jambe chez les jeunes adultes.

#### 4. Apports du Qi Gong

Nos résultats semble montrer un effet positif de la pratique du Qi Gong sur les paramètres de marche et d'équilibre bipodal chez la personne âgée. Ce constat ne devrait être applicable que quelques heures après la séance. C'est pourquoi la majeure partie des études se déroulent sur un laps de temps plus conséquent. Cependant, il permet de mettre en avant l'hypothèse la pratique du Qi Gong sur une longue période devrait améliorer d'autant plus la marche et l'équilibre chez la personne âgée autonome ou fragile. Il serait donc important d'inciter les hôpitaux, les associations de personnes âgées ou les maisons de retraite à proposer une activité lente et relaxante, limitant les risques de chute.

#### V. Conclusion et perspective

Pour conclure, nous avons axé ce travail à partir de cette interrogation : Une séance de Qi Qong a-t'elle un effet sur l'équilibre et la marche chez la personne âgée saine et ostéoporotique ?

Tout d'abord, nous avons observé qu'il a été montré dans la littérature l'effet du tai chi chuan dans la prévention des chutes grâce aux capacités équilibratrices et motrices de cette discipline. Sachant que le Qi Gong est une activité proche du Tai Chi Chuan mais qu'elle vise d'avantage une pratique lente et principalement statique, nous étions intéressé de connaître son impact sur les paramètres d'équilibre et de marche chez la personne âgée saine, ostéoporotique et experte. Cependant, il n'était pas envisageable de rechercher un autre professeur de Qi Gong que celui qui faisait parti du programme « ostéoporose et prévention des chutes ». C'est pourquoi le groupe Expert était vingt ans plus jeune que les autres sujets.

Ensuite, comme l'ont montré l'analyse de la marche et la posturographie les groupes Sains, Ostéoporoses et Experts ont modifié certains paramètres de marche et de posture après 30 minutes de pratique individuelle. Nous avons également observé que le sujet ostéoporotique à risque de chutes avait un pattern de marche particulier (plus faible longueur du pas, temps plus important du double appui, moments de hanche fléchisseur, moment de genou extenseur et une utilisation préférentielle de la cheville comparé aux autres articulations) et de plus faible capacité unipodale que les groupes Experts et Sains. Cependant, suite à cette séance,

des paramètres jugés par la littérature comme étant un marqueur du risque de chute ont progressé chez le groupe ostéoporose.

Contrairement aux autres travaux actuels sur l'ostéoporose, l'objectif n'était pas d'observer la modification des mécanismes osseux de l'ostéoporose sous l'effet de l'activité physique ou de la combinaison entre l'activité physique et la médication. Dans notre étude, l'objectif était de connaître la population ostéoporotique et d'observer son évolution suite à une séance de Qi Gong afin d'envisager d'autres perspectives.

Le caractère original de cette étude est de chercher à observer un effet après une seule séance de Qi Gong chez des sujets novices. Or dans la majeure partie de la littérature les programmes d'activité physique dure de 3 à 6 mois à raison d'au moins une fois par semaine. L'effet positif de cette étude pourrait servir de base à la réalisation d'une autre étude sur le Qi Gong comportant un nombre suffisant de sujet et porterait cette fois sur l'effet d'un cycle de Qi Gong sur les paramètres de marche, d'équilibre et pourquoi pas de proposer également une item de bien être. En outre, il serait également possible d'essayer d'encren la pratique du Qi Gong dans les maisons de retraite ou d'étendre la pratique du Qi Gong à d'autres populations telles que les traumatisés craniens,

Dans le cadre de l'ostéoporose, nous pouvons également envisager d'autres perspectives de recherche. Dans un premier temps, il serait important pour nous de mieux connaître l'ensemble des mécanismes de la formation osseuse et d'altérations liées à l'âge, c'est à dire leurs fonctions, leurs inter-relations et leurs éventuelles hiérarchisations, puis de connaître l'impact des différentes formes d'activité physique sur tel ou tel mécanisme. Ensuite, nous pourrions plus facilement nous intéresser à la mise en évidence de procédés nouveaux permettant de favoriser la reconstruction osseuse tout comme le montre l'utilisation de machines telles que les plate-formes vibrantes (type powerplate) ou plus récemment, les premiers résultats des « centrifugeuses humaines ». Enfin, dans le cadre d'une collaboration avec un laboratoire pharmaceutique, la combinaison de l'activité physique et des nouvelles générations de médicaments pourrait être une voie à suivre. Elle permettrait de déterminer si l'activité physique joue un rôle amplificateur de l'effet de ces nouveaux traitements médicamenteux et surtout quel type d'exercices sont à préconiser. Dans tous ces cas, l'observation ne serait pas obligatoirement sur la personne âgée ostéoporotique mais pourrait être également envisagée sur une population plus jeune et donc moins difficile à recruter voire sur un model animal dont l'investigation invasive est plus facile...

## Bibliographie

- Allanore Y, Ostéoporose et autres ostéopathies, Editions Estem, 1998.
- Armand S., Analyse quantifiée de la marche : extraction de connaissances à partir de données pour l'aide à l'interprétation Clinique de la marche digitigrades, 2005 (Thèse).
- Azulay J.-P. et al. Exploration instrumentale des troubles de la marche, EMC-Neurologie 2 (2005) 26–43
- Baloh W. et al., Longitudinal study of gait and balance dysfunction in normal older people, Arch Neurol. 2003; 60:835-839.
- Barnes P. M. et al., Complementary and Alternative Medicine Use Among Adults: United States, 2002, Semin Integr Med, 2004 2:54-71.
- Barnett A. et al., Community-based group exercise improves balance and reduces falls in at-risk older people: a randomised controlled trial, Age and Ageing 2003; 32: 407–414.
- Beaudreuil J., Traitements non médicamenteux de l'ostéoporose, Annales de réadaptation et de médecine physique 49 (2006) 581–588.
- Benaim et al., Évaluation de l'autonomie de la personne âgée, Annales de réadaptation et de médecine physique 48 (2005) 336–340.
- Benhamou C. L., Dargent P., Vers un index de facteurs de risque de fracture ostéoporotique, Revue du Rhumatisme 73 (2006) 807–811.
- Benhamou et Dargent, Vers une évaluation globale du risque fracturaire, Revue du Rhumatisme 74 (2007) 455–460
- Binoche T et Martineau C, Guide pratique du traitement des douleurs, 2<sup>ème</sup> édition, chap 46 263-268.
- Blain H. et al. Les effets préventifs de l'activité physique chez les personnes âgées, Presse Med 2000 ; 29:1240-8
- Bogaerts et al., Effects of whole body vibration training on postural control in older individuals: A 1 year randomized controlled trial, Gait & Posture 26 (2007) 309–316.
- Buisset S., Biomécanique et physiologie du mouvement, Edition Masson, 2002.
- Butler-Browne G., Bigard A.-X., Caractéristiques du vieillissement musculaire et effets préventifs de l'exercice régulier, G., Science & Sports 21 (2006) 184–193.
- Camus Y., Le vieillissement, Dossier EPS n°34, Editions Revue EPS.
- Chien et al. Efficacy of a 24-week aerobic exercise program for osteopenic postmenopausal, Calcif Tissue Int 2000 ; 67 : 443–8.

Cottart C.-H. et al., Biologie du vieillissement artériel et artériosclérose, C. R. Biologies (2008),doi:10.1016/j.crv.2008.10.002

Deprez X., Prévention et traitement non médicamenteux de l'ostéoporose post ménopausique, Revue du Rhumatisme 73 (2006) 852–858.

Dong P. et Esser A. H., Chi Gong the ancient chinese way to health, North Atlantic Books, 2008.

Duchateau et al., Évolution et adaptations à l'entraînement du système neuromusculaire au cours du vieillissement, Science & Sports 21 (2006) 199–203.

Fabre et al., Effets de la pratique de la gymnastique d'entretien chez des seniors sur la condition physique, la fonction cognitive et la prise médicamenteuse, Science & Sports 18 (2003) 196–201

Feskanich D., ., Walking and leisure-time activity and risk of hip fracture in postmenopausal women. JAMA November 13, 2002; 288:2300-6.

Fontana A. et Delmas P. D., L'ostéoporose : épidémiologie, clinique et approches thérapeutiques, médecine/sciences 2001 ; 17 : 1297-305.

Fransson et al., Analysis of adaptation in anteroposterior dynamics of human postural control, Gait and Posture 7 (1998) 64-74.

Fried LP, Tangen CM, Walston J, et al. Frailty in older adults : Evidence for a phenotype. Journal of Gerontology : Medical Sciences 2001 ; 56A : M146-M56.

Ginet J, Intérêt des activités physiques et sportives lors du vieillissement, actualité et dossier en santé publique n° 14 mars 1996

Grosshans C., Peter B. Pour un diagnostic exact des troubles de la marche chez le grand vieillard. Etude de 293 personnes en consultation spécialisée Ann Réadaptation Méd Phys 1997;40:139-45

Guénard H. et al. Aspects physiologiques du vieillissement respiratoire. Rev Mal Respir, 2002, 19, 230-240.

Guillaume G., Ostéoporose post-ménopausique, Rev. fr. d'accup. N°67, 19-29. A.F.A. Paris 1991.

Harris et Smith, Human motion analysis, IEEE PRESS, 1996.

Hatori M. et al., The effects of walking at the anaerobic threshold level on vertebral bone loss in postmenopausal women, Calcified tissue international, 1993, Volume 52, Number 6, 411-414.

Hong Y et Xu DQ, Effects of 16-week tai chi intervention on postural stability and associated physiological factors in older people, *Journal of Biomechanics* 40(S2), XXI ISB Congress, Podium Sessions, Thursday 5 July 2007.

Jeger J., Diagnostic et traitement de l'ostéoporose 1er partie: Définition – Importance – Diagnostic, *Forum Med Suisse* No 15, 10 avril 2002, p348-353.

Kemmler W. et al, Benefits of 2 Years of Intense Exercise on Bone Density, Physical Fitness, and Blood Lipids in Early Postmenopausal Osteopenic Women, *Arch Intern Med.* 2004;164:1084-1091.

Kemoun et al., Evaluation de la marche chez le sujet âgé, la marche humaine et sa pathologie, Edition Masson, 1994, p322-327

Kemoun G. La chute. Physiologie de la marche – particularités chez la personne âgée. ANMSR, n°59, 2<sup>ème</sup> trimestre 2001 (Publication Internet).

Kerr D. et al, Exercise effects on bone mass in postmenopausal women are site-specific and load-dependent, *J Bone Miner Res.* 1996 Feb;11(2):218-25

Kotzki P-O., La densitométrie osseuse : les techniques » ostéoporose et médecine physique, édition Masson, 1998, p77-83

Krasensky JP. Qi Gong pour chacun la santé au quotidien, Editions L'originel, 2001.

Lane N.E., Epidemiology, etiology, and diagnosis of osteoporosis, *American Journal of Obstetrics and Gynecology* (2006) 194, S3–11

Lee et al. Tai chi for osteoporosis : a systematic review, *Osteoporosis international*, (2008) 19:139-146

Li F. et al., Tai Chi: Improving Functional Balance and Predicting Subsequent Falls in Older Persons, *Medicine & Science in Sports & Exercise*: December 2004 - Volume 36 - Issue 12 - pp2046-2052.

Lord, instabilité et chutes chez la personne âgée, Les troubles de la posture et les risques de chute, *L'année gérontologique* 1995, supplément, p65-67.

Maki et McIlroy, Influence of arousal and attention on the control of postural sway, *Journal of Vestibular Research*, Vol 6 No. 1, pp. 53-59, 1996

Manzaneque J. M. et al. Assessment of immunological parameters following a qigong training program, *Med Sci Monit*, 2004; 10(6): CR264-270.

Marie P. et Halbout P., OPG/RANKL : implication et cible thérapeutique dans l'ostéoporose. *Medecine/Science*, janvier 2008, volume 24, n°1.

Meunier P. J. et al., « L'ostéoporose », Collection consulter prescrire, 3<sup>ème</sup> éditions, Masson, 2005.

Neckel et al. Abnormal joint torque patterns exhibited by chronic stroke subjects while walking with a prescribed physiological gait pattern, *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation* 2008 5:19

Paterson D. H. et al. Le vieillissement et l'activité physique : données sur lesquelles fonder des recommandations relatives à l'exercice à l'intention des adultes âgés, *Appl. Physiol. Nutr. Metab.* 32: S75–S121 (2007)

Perry J., *Gait Analysis Normal and Pathological Function*, Thorefare (N.J.), Slack: xxxii, 524, 1992.

Posadzki P., Qi Gong exercises through the lens of the Alexander Technique: A conceptual congruence, *European Journal of Integrative Medicine* 1 (2009) 87–92.

Rejeski W. J. et Mihalko S. L., Physical activity and quality of life in older adults, *Journals of Gerontology : series A* 2001, Vol. 56A (Special issue II) 23-25.

Renaud et al., L'impact de la condition physique sur le vieillissement cognitif, *Psychologie & NeuroPsychiatrie du Vieillissement*. Volume 3, Numéro 3, 192-206, Septembre 2005, Synthèse.

Rockwood et al., Frailty in elderly people: an evolving concept, *Can Med Assoc J* 1994; 150 (4)

Rolland Y, Vellas B. La sarcopénie. *La Revue de médecine interne* (2008), doi:10.1016/j.revmed.2008.08.013.

Roux C., Peut on utiliser la définition Oms de l'ostéoporose ?, *Rev Rhum* 2001 ; 68 : 14-5.

Rutherford OM., Bone density and physical activity, *Proceedings of the Nutrition Society* (1997), 56, 967-975 967.

Saunders et al., the major determinants in normal and pathological gait, *J Bone Joint Surg Am.* 1953; 35: 543-558

Skelton D.A. et al., Effects of physical activity on postural stability, *Age and Ageing* 2001; 30-S4 : 33-39.

Spiriduso et al., *Physical Dimensions of Aging*, Champaign, Illinois, Human Kinetics, 1995.

Spiriduso WW. et Cronin DL., Exercise dose-response effects on quality of life and independent living in older adults, *Med Sci Sports Exerc.* 2001 Jun;33(6 Suppl):S598-608; discussion S609-10.

Strubel D., perte de l'autonomie à la marche, la marche humaine et sa pathologie, Edition Masson, 1994, p313-322.

Teasdale et Simoneau, Attentional demands for postural control : the effect of aging and sensory reintegration, *Gait and Posture* 14 (2001) 203-210.

Thoumie P., Vieillissement du contrôle postural, extrait du livre Posturologie clinique dysfonctions motrices et cognitives, Edition masson, 2003.

Toulotte C., La chute chez la personne âgée : identification des facteurs de chutes et prévention par l'entraînement, université de Lille 2, Thèse, 2003.

Trivalle Ch., le syndrome de fragilité en gériatrie, Medecine & Hygiène n°2323, 2001.

Tsang et Hui Chan, Standing balance after vestibular stimulation in tai chi chuan practicing and non practicing healthy older, Archives of Physical Medecine and Rehabilitation Volum e 87, Issue 4, April 2006, page 546-553.

Tsang H. W. H. et al., Qigong as a psychosocial intervention for depressed elderly with chronic physical illnesses, Int J Geriatr Psychiatry, 2002 ; 17 : 1146-1154.

Tsang H. W. H. et al., The effect of Qigong on general and psychosocial health of elderly with chronic physical illnesses: a randomized clinical trial, Int J Geriatr Psychiatry 2003; 18: 441-449.

Veil E et al., La marche humaine, la course et le saut, le point en rééducation et en APS n°9, Edition Masson.

Verschueren et al., Effect of 6-Month Whole Body Vibration Training on Hip Density, Muscle Strength, and Postural Control in Postmenopausal Women: A Randomized Controlled Pilot Study, Journal of bone and mineral research, Volume 19, Number 3, 2004.

Vuillemin et al., Rôle prédictif de l'activité physique sur la force musculaire du sujet âgé, Bulletin de l'Académie Lorraine des Sciences 2002, 41, 1-2.

Watelain E. et al., Pelvic and Lower Limb Compensatory Actions of Subjects in an Early Stage of Hip Osteoarthritis, Arch Phys Med Rehabil Vol 82, December 2001.

Winter et al. Unified regarding A/P and M/L balance in quiet stance, Journal of Neurophysiology, Vol 75 N°6 June 1996.

Woollacott M. H. et al. Attention and the controle of posture and gait : a review of an emerging area of research, Gait and Posture 16 (2002) 1-14.

Woollacott M. H. Systems contributing to balance disorders in older adults, Journal of gerontology : medical sciences 2000, Vol 55A, No. 8, M424-M428.

Yang Y. et al., The Effect of Taiji (T'ai Chi)/Qigong (Ch'i Kung) on Balance in Older Adults, Carle Selected Papers, 2007 Vol. 50 No. 2.

Yelnik et al., Déconditionnement, atrophie musculaire et rééducation, Revue du Rhumatisme 75 (2008) 137-141.

# Annexe 1

## Les autres techniques

Les autres techniques seront définis ci dessous. Leur avantages et inconvénients seront exprimés dans le tableau récapitulatif des techniques.

### \* La photodensitométrie radiographique et radiographie classique

Il s'agit d'une évaluation à partir d'un cliché radiographique standard de la densité osseuse par référence à des étalons d'aluminium.

### \* La tomographie quantitative

Les méthodes tomographiques utilisent les rayons X. Il existe deux types de tomographie : la tomographie à haute résolution (évaluation de la structure de l'os) et la tomographie périphérique quantitative (mesure de la densité osseuse de l'avant bras). Elles permettent de déterminer la densité volumique de l'os cortical et de l'os trabéculaire.

### \* L'absorptiométrie ultrasonore

Les méthodes densitométriques classiquement utilisées ne prennent pas en compte l'architecture de l'os. Les connaissances théoriques portant sur le trajet des ultrasons dans un milieu solide laisse suggérer que les ondes sont capables d'apprécier les paramètres architecturaux. Cependant, en fonction des constructeurs, différentes méthodologies de mesures sont mises en place et diffère selon le site étudié.

### \* Les techniques de résonance magnétiques

L'imagerie et la microscopie par résonance sont les deux méthodes d'évaluation de l'os minéral les plus récentes. Cette technique basée sur la résonance magnétique fournit des images détaillées, à résolution élevée, de n'importe quelle partie du corps humain. On y recourt surtout pour diagnostiquer des maladies d'organes, comme le cancer, mais elle peut aussi servir à mesurer la DMO et à explorer la structure du tissu osseux trabéculaire.

### \* L'histomorphométrie après biopsie osseuse en crête iliaque

Cette méthode évalue de façon précise le volume trabéculaire osseux au niveau de la résorption et de la formation osseuse. Cependant, il s'agit d'une méthode évitée par les médecins car elle est traumatique et peu reproductible. En réalité, elle ne s'effectue que dans de rares cas d'ostéopathies complexes.

### \* Le scanner également appelé tomодensitométrie

Il permet de distinguer les compartiments trabéculaires et corticaux du corps vertébral.

### \* Les marqueurs du remodelage osseux

Les marqueurs du remodelage osseux permettent de quantifier les cellules osseuses spécifiques de la formation ou de la résorption osseuse. Les marqueurs de formation osseuse sont des protéines plasmatiques qui mesure soit une protéine non collagénique de la matrice osseuse (l'ostéocalcine, ou les peptides d'extension du procollagène), soit des enzymes présentes dans les ostéoblastes (phosphatases alcalines totales ou les phosphatases alcalines spécifiques osseuses). Les marqueurs de la résorption quant à eux mesurent préférentiellement les fragments de dégradation du collagène, tel que l'hydroxyproline et les D-pyridinoline libres ou liées à des peptides. Cependant, les résultats obtenus par les marqueurs diffèrent avec les résultats obtenus par DEXA (Melton et al. 1997).

\* Questionnaires

Ils ne permettent pas d'établir le diagnostic de l'ostéoporose. Il n'y a aucune mesure de la densité minérale osseuse. Cependant, il renseigne le patient sur son risque d'être atteint de cette maladie et l'incite à aller voir son médecin traitant. Il s'agit de questionnaires simples et rapides à réaliser qui regroupe sous forme de questions les facteurs de risque d'atteinte (figure 1.).

Figure 1 : Questionnaire de dépistage de l'ostéoporose de l'IRBSM.

Nous vous proposons un dépistage utile pour consulter votre médecin.

**QUESTIONNAIRE,  
SI VOUS AVEZ PLUS DE 45 ANS**

	Oui	Non
Votre taille a diminué de 3 cm.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vous avez reçu un long traitement par corticoïdes (+ de 3 mois).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En dehors de la grossesse, vous avez eu de longues périodes sans règles (+ de 12 mois).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vous souffrez de diarrhées chroniques.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vous buvez régulièrement de l'alcool (+ de 2 verres / jour).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vous fumez régulièrement (+ 15 cigarettes / jour).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vous avez commencé votre ménopause avant 45 ans.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Vous avez déjà eu une fracture suite à un choc ou une chute sans gravité.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Votre père ou votre mère se sont fracturés le col du fémur lors d'un choc ou d'une chute sans gravité.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**Résultat :** Si vous avez répondu "oui" à une seule de ces questions, vous courez un risque d'ostéoporose.

Imprimez ce formulaire et consultez votre médecin car l'ostéoporose se dépiste et se soigne efficacement.

Pour conclure cette partie sur le dépistage de l'ostéoporose, un tableau récapitulatif (tableau 1) a été élaboré. Il permet ainsi de connaître les diverses méthodes sur 2 caractéristiques essentielles : les avantages et les inconvénients de chaque instrumentation en terme de fonction, de taux d'irradiation, de coût, de temps d'examen, d'erreurs...

**Tableau 1** : Récapitulatif des techniques instrumentales de dépistage de l'ostéoporose : avantages et inconvénients.

Moyens de dépistage	Avantages	Inconvénients
L'absorptiométrie biphotonique aux rayons X ou DEXA	Méthode de référence: juste, reproductible, et peu irradiante.	Résultats peuvent être faussés par l'arthrose. Différences selon l'appareil : le suivi devra toujours se faire sur la même machine. Pas de diagnostic étiologique. Examen à la charge du malade, sauf sous certaines conditions médicales.
La photodensitométrie radiographique		Taux d'erreur important. Méthode déconseillée : ni juste ni reproductible.
La tomographie quantitative à haute résolution et la tomographie périphérique quantitative	Déterminer la densité volumique de l'os cortical et de l'os trabéculaire. Plus sensible et plus prédictive du risque de fracture du rachis supérieur que la DEXA.	irradiation largement supérieure à la DEXA, un coût financier important, et un manque de disponibilité.
L'absorptiométrie ultrasonore	Résultats comparables à ceux de la DEXA. Si combinée avec la DEXA (ultrason pour calcaneum et DEXA pour col fémoral), permettrait d'éviter la prise de mesure au niveau du rachis (problèmes techniques liés à l'âge)	Dépendance des résultats selon la position de l'os sur le trajet acoustique. Reproductibilité proche de DEXA. Pas encore suffisamment performante pour être proposée de manière systématique.
Les techniques de résonance magnétiques (imagerie et microscopie)	Estimer la structure de l'os trabéculaire.	Techniques récentes, encore expérimentales
L'histomorphométrie après biopsie osseuse en crête iliaque	Évalue le volume trabéculaire osseux. La résorption et la formation osseuse peuvent être quantifiées.	Méthode traumatique et peu reproductible. Utilisé uniquement lors d'ostéopathie complexes.
Le scanner ou tomodensitométrie (imagerie ou microscopie)	Évalue la densité minérale osseuse spongieuse des vertèbres. Peu coûteux grâce à un fantôme de calibration et un logiciel. Non faussé par l'arthrose.	Plus irradiante que la DEXA, un peu moins reproductible.
Les marqueurs du remodelage osseux	Diagnostiquent les risques fracturaires et permettent le suivi de la médication.	Ne permettent pas de diagnostiquer l'ostéoporose.
Les questionnaires	Servent à la prévention de la maladie.	Ne permettent pas de diagnostiquer l'ostéoporose.

## Annexe 2

Les bisphosphonates tels que l'alendronate et le risédronate freinent le remodelage osseux, augmentent la densité osseuse et diminuent l'incidence des fractures vertébrales (Fontana A. et al, 2001). Les bisphosphonates sont habituellement pris sous la forme de comprimés une fois par semaine durant 2 à 3 ans, et si nécessaire pendant plus longtemps.

Ils sont contre-indiqués en cas d'antécédent d'oesophagite et nécessitent que les règles d'administration (prise le matin à jeun) soient bien respectées.

Le raloxifène appartient à la classe des SERM (modulateurs sélectifs du récepteur aux estrogènes) (Brixen K., 2005). Ce n'est pas une hormone. Il doit être pris quotidiennement sous la forme de comprimés. La durée du traitement varie d'une personne à l'autre et dépend de la gravité de la maladie. Il freine le remodelage osseux, augmente la DMO et diminue l'incidence des fractures vertébrales, sans effet sur les fractures périphériques.

Le tériparatide est un fragment de la parathormone qui provient de la parathyroïde. Il est administré quotidiennement par voie sous-cutanée pendant une durée maximum de 18 mois. Elle augmente le remodelage osseux au bénéfice de la formation osseuse et induit une augmentation de la DMO et une diminution de l'incidence des fractures vertébrales. Elle est réservée aux formes sévères.

Le ranélate de strontium stimule la formation osseuse et freine la résorption osseuse. Il induit une augmentation de la DMO et réduit l'incidence des fractures vertébrales et, avec un effet moindre, les fractures périphériques (Brixen K., 2005).

La calcitonine est une hormone qui diminue le taux de calcium dans le sang et inhibe la libération du calcium par les os (Brixen K., 2005). Elle est utilisée sous la forme de spray nasal ou de préparation pour injections sur une période de 1 à 2 ans. De plus, la calcitonine injectable est parfois utilisée en France pour ses propriétés antalgiques dans le traitement de la phase aiguë postfracturaire (Fontana A. et al. 2001).

Le traitement hormonal substitutif de la ménopause n'est plus considéré parmi les traitements de l'ostéoporose en raison de l'augmentation du risque de cancer du sein et d'accident cardiovasculaire qu'il induit. La prescription du THS (Thyréostimuline) doit être limitée au traitement des troubles climatériques (bouffées de chaleur essentiellement) de la ménopause.

D'autres médicaments sont prescrits dans le cadre des douleurs. L'analgésique approprié est à choisir selon le classement en paliers de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Ce classement commence à la prescription d'anti-douleurs comme l'acide acétylsalicylique (appelé communément aspirine) ou le paracétamol jusqu'aux anti-douleurs morphiniques très puissants.

### Bibliographie de l'annexe 2:

Brixen K., *Prevention and treatment of osteoporosis in women, Current Obstetrics & gynaecology* (2005) 15, 251-258.

Fontana et Delmas., *L'ostéoporose : épidémiologie, clinique et approches thérapeutiques, médecine/sciences* 2001 ; 17 : 1297-305.