



Le test d'antépulsion passive

Sylvie Villeneuve Parpay

Faculté de médecine Saint Antoine Université Paris VI Année 2000 / 2001

*Mémoire en vue de l'obtention du Diplôme Inter Universitaire de Posturologie Clinique
Validation d'une épreuve clinique mettant en évidence la stratégie d'équilibration
posturale :*

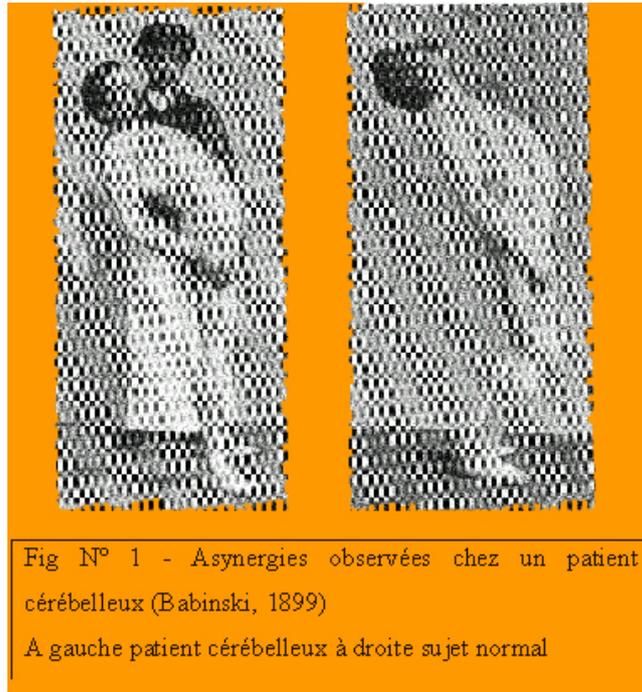
- **Notre pratique quotidienne de podologue** nous amène de plus en plus à voir en consultation des patients âgés présentant des troubles de l'équilibre ou des algies de l'axe corporel. Les troubles de l'équilibre représentent effectivement chez les personnes de plus de 65 ans un problème de santé publique, premier motif de consultation chez le généraliste et principale cause de décès accidentels (O.M.S, 1983).
- **Or Woollacott (1986) a démontré expérimentalement** que les réactions d'équilibration des personnes âgées sont différentes de celle des sujets jeunes. Les premières, en cas de déséquilibre, organisent préférentiellement la régulation de leur stabilité autour de l'articulation coxo-fémorale, comme le font certains patients neurologiques, ce que Nashner et Mc Collum (1985) ont appelé la stratégie de hanche ; les personnes jeunes et saines, au contraire, utilisent une stratégie de cheville (Nashner et Mc Collum 1985). Il est alors vraisemblable qu'existe une relation entre chute et stratégie de hanche (Woolacoot 1986).
- **Philippe Villeneuve (Villeneuve Parpay et al, soumis)** a proposé une manœuvre clinique simple et rapide dans laquelle le clinicien ayant créé un déséquilibre antérieur de la masse corporelle du patient perçoit manuellement le mouvement en retour du pelvis soit vers l'avant soit l'arrière. Ce "test d'antépulsion passive" devrait ainsi permettre de discriminer cliniquement la stratégie de cheville de la stratégie de hanche. Mais il était nécessaire d'en valider la pratique. Ce travail recherche, dans ce but, à vérifier d'une part qu'il présente des critères satisfaisants de reproductibilité inter et intra examinateurs et / ou observateurs ; et d'autre part à apprécier s'il est assez discriminant pour différencier cliniquement la stratégie de cheville de celle de hanche.
- **Biomécaniquement, ce comportement de maintien de stabilité ne devrait pas être différent** que le déséquilibre soit provoqué par l'examineur ou qu'il soit volontairement induit par le sujet lui même. Il nous a paru utile de le vérifier

en pratiquant un "test d'antériorisation active". Comparer ces deux tests devait nous permettre de faire la part de la poussée effectuée par l'examineur lors de l'antépulsion passive sur la réponse observée.

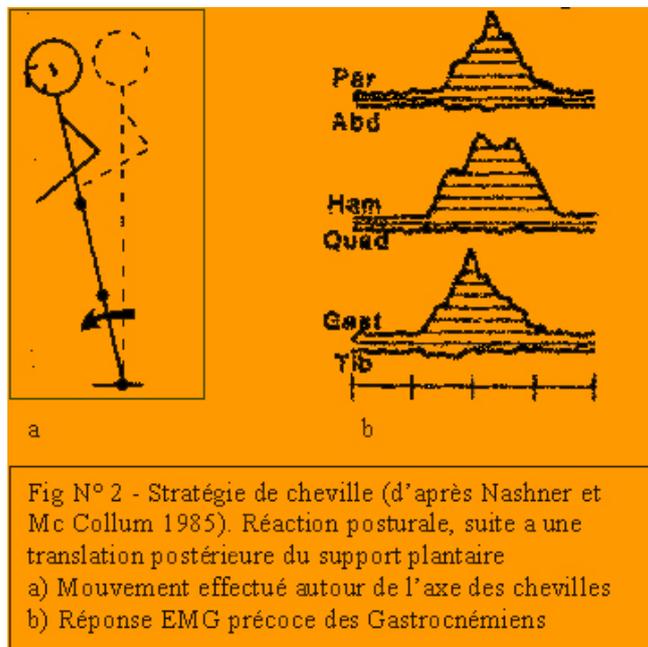
- **Le sujet jeune est supposé utiliser en permanence une stratégie de cheville.**
Pour tenter de faire varier les réponses d'équilibration chez les volontaires sains qui acceptaient de participer à ce protocole, nous avons alors modifié leur base posturale en diminuant le support d'appui plantaire : ils sont placés sur un plateau dont la moitié antérieure est amovible. Horack et Nashner, 1983 et 1986 d'une part, Horak et al, 1990 de l'autre ont en effet montré que l'emploi de l'une ou de l'autre stratégie dépend de l'intégrité tant biomécanique que neuro-sensorielle du pied de l'individu concerné.
- **Ce test se veut résolument clinique.** Il nous a paru cohérent avec son objet d'utiliser pour établir sa validité une méthode statistique robuste, d'analyse qualitative ou semi-quantitative, faisant appel à la régularité et l'homogénéité des réponses d'observateurs en situation d'examen plutôt que des mesures plus fines mais d'un maniement plus délicat et donc moins facilement utilisables en pratique courante.
- **Ainsi validé, le test d'antépulsion passive pourrait permettre d'évaluer en complément de ceux déjà reconnus le risque de chute chez la personne âgée,** d'objectiver les conséquences de certaines thérapeutiques et par là même prévenir la chute et ses lourdes conséquences. Mais il pourrait aussi rendre des services dans l'évaluation de certaines situations posturales, en particulier dans les suites d'accidents neurologiques ou d'interventions orthopédiques. Il entre enfin dans la perspective d'une clinique posturologique reconnue parce que reproductible.
- **Réaction à la poussée**
 - Pour explorer l'équilibration dans un contexte de patient neurologique, Foix et Thévenard utilisaient en 1925 le phénomène de la poussée. La poussée d'arrière en avant portant sur la partie supérieure du tronc provoque, la contraction des muscles du plan postérieur ; la poussée en sens inverse provoque la contraction des muscles du plan antérieur. Ces poussées génèrent pour André Thomas (1940) des réactions comparables aux réactions déclenchées par les déplacements soudain du sol, les contractions des muscles s'organisent alors de bas en haut.
- **Synergies fonctionnelles d'équilibration**

Dès, 1899 Babinski observa que, chez l'homme, il existait des synergies fonctionnelles d'équilibration, ayant pour but de maintenir l'équilibre des forces appliquées au corps humain. Il doit toujours persister lors du mouvement une recherche de superposition du centre de gravité ou s'applique le poids et du centre de pression podale ou s'applique la réaction du sol. La somme des forces devant tendre vers zéro. Par exemple, lors du mouvement d'extension du tronc, il se produit des mouvements au niveau des hanches et des genoux de direction opposée à ceux du tronc. Par contre, lors de certaines pathologies notamment neurologiques, ces synergies fonctionnelles d'équilibration ne pouvant se réaliser, certains mouvements, comme la rétropulsion du tronc chez

un patient cérébelleux ne générerait plus de flexion de genoux entraînaient alors la chute (Figure N°1).



- **Dans un autre contexte, Nashner et Mc Collum (1985) ont étudié les réactions d'équilibration sur plate-forme mobile.** Cette dernière peut effectuer soit des mouvements de translation antéro-postérieurs dans le plan horizontal soit des mouvements de rotation dans le plan sagittal. La majorité des sujets lorsqu'ils subirent les mouvements de la plate-forme réagirent de la même façon, par une réaction initiale des muscles extrinsèques du pied (90 à 100 ms), puis 10 à 20 ms plus tard par les muscles de cuisse et encore 10 à 20 ms plus tard par les muscles du tronc (Figure N° 2). Cette séquence de réaction musculaire disto-proximale, est appelée stratégie de cheville (Nashner et Mc Collum 1985).



- **La tibio-tarsienne représente alors dans les réactions d'équilibration, l'axe des mouvements corporels de façon identique à celle où l'homme est debout au**

repos et oscille autour des ses tibio-tarsiennes (Gurfinkel 1973) (Fig N° 3). Gurfinkel en se basant sur les théories de son compatriote Bernstein (Bernstein 1967), sur la réduction des degrés de liberté a comparé le corps de l'homme debout au repos à un pendule inversé pivotant autour de l'axe de ses chevilles la tibio-tarsienne, cette hypothèse a depuis été validée (Winter et al,1997 ; Day et al., 1993 ; Eng et Winter, 1993).

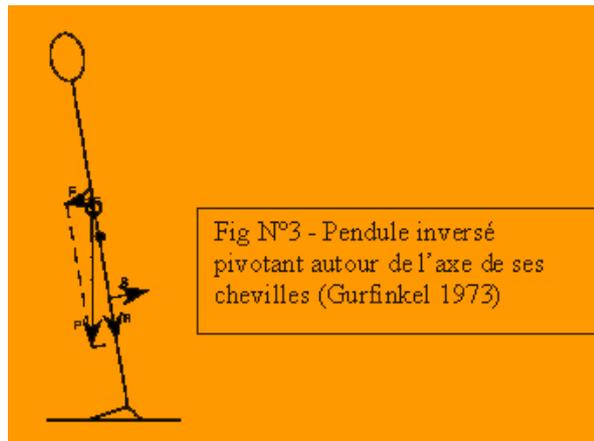


Fig N°3 - Pendule inversé pivotant autour de l'axe de ses chevilles (Gurfinkel 1973)

- **Synergies fonctionnelles d'équilibration et modification de la base posturale**
Les chinois en déformant le pied des petites filles, dès 1100 avant J.-C., ont été les premiers à avoir modifié la base posturale. On trouve au musée international de la chaussure de Romans (1992), des illustrations de ces pieds qui étaient mutilés, en les comprimant avec des bandages à fin d'en diminuer nettement la longueur (Fig N° 4).



Figure N°4 Moulage d'un pied mutilé. Botillons de femme pour pieds mutilés. Chine XVIII^e siècle. Collection Guillen

- **En 1644, des édits impériaux interdisent aux femmes de la dynastie Mandchoue de se mutiler les pieds sous peine de mort.** Aussi, placent-elles un énorme talon au centre de leurs chaussures (Fig N° 5).

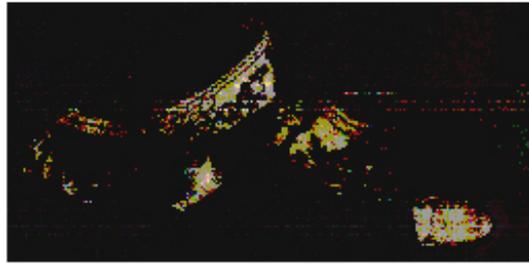


Figure N° 5 Chaussures de fillette porté dans l'aristocratie.

- **Cet artifice leur permet ainsi d'imiter la démarche mal assurée mais gracieuse des chinoises aux pieds mutilés** (Musée international de la chaussure Romans, 1992). Romberg en 1853 avait observé que les oscillations posturales sont augmentées lorsque la vision est occultée mais également lorsque la base de sustentation est réduite. Vierordt quelques années après (Vierordt, 1877), fut vraisemblablement le premier à mesurer les oscillations posturales et il objectiva que la réduction de la base posturale perturbait davantage l'équilibre postural que l'occlusion des yeux, ce qui lui fit écrire " Les performances du sens de la vue pour la reconnaissance de perte de l'équilibre sont bien moindres que celles provenant des sensations musculaires et de pression de la peau de la plante du pied ". Nashner et Mc Collum (1985) ont sur plate-forme mobile étudiée les réactions d'équilibration de sujets reposant sur un support dont la surface d'appui était inférieure à la surface de contact plantaire habituelle. Lors du mouvement de la plate-forme tous les sujets ont contracté en premier leurs muscles du tronc et des cuisses. Cette séquence de réaction musculaire proximo-distale est appelée (Nashner et Mc Collum, 1985) stratégie de hanche (Fig N° 6).

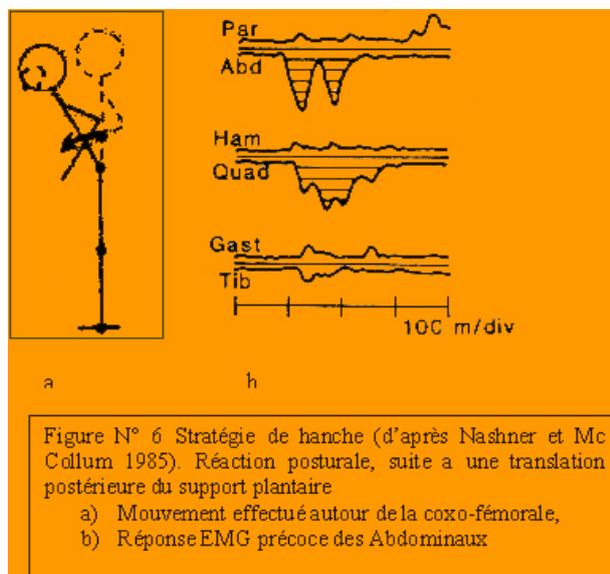


Figure N° 6 Stratégie de hanche (d'après Nashner et Mc Collum 1985). Réaction posturale, suite a une translation postérieure du support plantaire
 a) Mouvement effectué autour de la coxo-fémorale,
 b) Réponse EMG précoce des Abdominaux

- **Il ne fut mis en évidence aucune stratégie pure de cheville** mais par contre, il a été trouvé des stratégies mixtes. Les sujets présentant des stratégies de hanches pures ont toujours réussi à maintenir leur équilibre sur la surface d'appui étroite, alors que les sujets adoptants des stratégies mixtes perdirent leur équilibre lors

de 25 à 75 % des essais.

- **De son côté, Gilles (2000) a montré que la réduction unilatérale de la surface d'appui (75%) ne modifie pas**, à elle seule, la position du centre des pressions podales alors que son association à un mouvement unilatéral de flexion de hanche le provoque. D'autres perturbations, dans des circonstances expérimentales comparables, entraînent des variations importantes de l'intensité de l'activité du Soleus (Do et Roby-Brami 1991) ; en particulier, Lacquaniti et Al (1990) ont montré que même chez un quadrupède, le chat, possédant un polygone de sustentation relativement plus important que celui de l'homme, le pattern musculaire de l'équilibre dépend principalement du support corporel au moment de la perturbation.
- **Aux sujets qui avaient accepté de se soumettre au protocole**, jeunes, en bonne santé et donc en stratégie de cheville selon toute logique, il nous fallait faire adopter instinctivement une stratégie de hanche. En fonction de ces données préalables, nous avons choisi de réduire leur base d'appui en l'associant à la manœuvre de translation corporelle antérieure ; et, pratiquement, d'installer le sujet sur un plateau dont la moitié antérieure est amovible ; la supprimer crée une situation sans appui antérieur dont nous avons vérifié qu'elle permet cependant le maintien par le sujet de sa stabilité lorsqu'il se penche modérément en avant.

• MATERIEL



Photo N° 1 - Les deux plateaux accolés

- **Deux plateaux en bois identiques**, de dimension longueur 40,5 cm, largeur 38,5 cm, épaisseur 7 cm sont superposés. Ils se composent chacun de 2 parties : une antérieure et une postérieure. Le bord supéro-antérieur de la moitié postérieure est convexe et vient s'encaster dans le bord supéro-postérieur concave de la moitié antérieure, formant ainsi une fois les 2 moitiés réunies une surface supérieure du plateau complètement plate où apparaît le trait de jonction de la moitié antérieure avec la postérieure, sans relief ni dépression. (photo n°1) Ce plateau est placé entre 2 repères alignés matérialisant la verticale. Par commodité pour l'expérimentation, les fils à plomb utilisés habituellement ont été remplacés par des rubans plombés à leur extrémité inférieure (photo n°2)

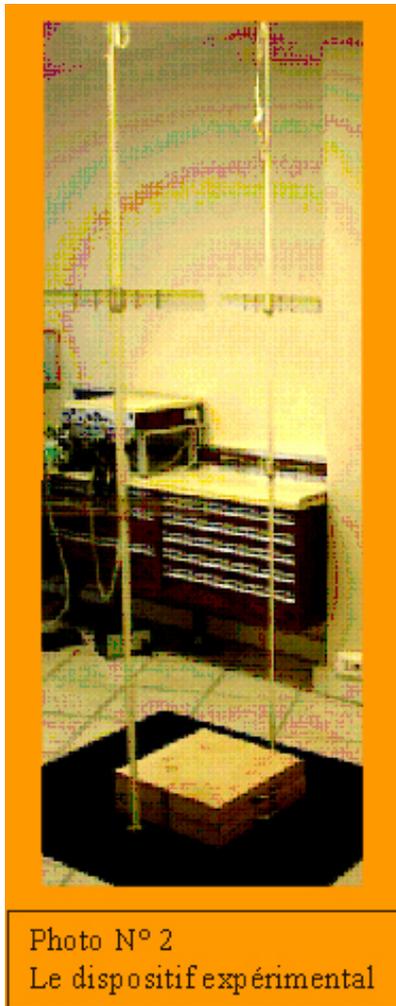


Photo N° 2
Le dispositif expérimental

- . **Leurs bords postérieurs sont alignés avec le trait de jonction des 2 moitiés du plateau supérieur.** Le long de chaque ruban à plomb coulisent 2 règles de 40 cm qu'on peut arrêter à la hauteur voulue grâce à une boucle (de 3 cm de large x 5,5 cm de haut) dans laquelle passe le ruban à plomb. Les deux règles sont parallèles entre elles et perpendiculaires au ruban tout en étant appliquées sur la face latérale du ruban. Les règles portent des repères situés de part et d'autre du point central correspondant au zéro. A 1,5 cm correspondent les repères de la largeur de la boucle précitée (à fin de bien centrer la règle par rapport à la boucle et au ruban) ainsi que des repères correspondants à 5 cm et à 10 cm (photo n°3).

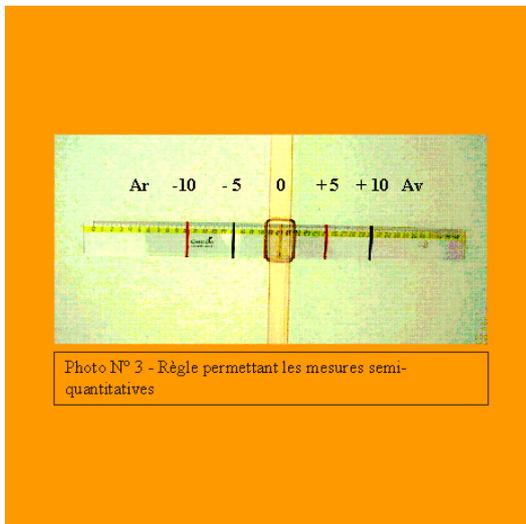


Photo N° 3 - Règle permettant les mesures semi-quantitatives

- Le plateau est placé à 1 m d'une cible visuelle verticale.

- **PROCEDURE ET SUJETS**

- **Vingt quatre podologues volontaires, sains ont participé à cette procédure** sous la conduite d'un expérimentateur. Ces podologues, " naïfs " par rapport à la manœuvre clinique qu'ils ne connaissaient pas et n'avaient jamais pratiquée auparavant sont répartis en huit groupes de trois. Leur rôle, qu'ils assuraient dans chacun de ces groupes : sujet, examinateur ou observateur a été tiré au sort. Les 8 groupes ainsi constitués, ont accompli 2 séquences successives de travail, séparées d'une demi heure à 24 heures sous la conduite du même expérimentateur. Pour les deux séquences, les sujets ont toujours gardé le même rôle ; par contre l'examinateur et l'observateur ont interverti leur rôle après avoir procédé à quatre expérimentations sur le sujet. Entre les deux séquences expérimentales, un nouveau tirage au sort entre examinateurs et observateurs a eu lieu.
- **L'âge des 8 sujets, 5 hommes et 3 femmes, était compris entre 23 et 43 ans.**
- **L'expérimentateur marque sur les pieds du sujet** les bords postérieurs de la styloïde du cinquième métatarsien avec un trait plein au feutre et les bords antérieurs de la styloïde avec un trait pointillé. Le sujet à examiner se place sur le plateau de manière à ce que les bords antérieurs de ses styloïdes s'alignent avec le trait de jonction des moitiés antérieure et postérieure du plateau. L'écartement de ses pieds est laissé libre ; il est bien entendu, limité par la largeur du plateau. Il lui est demandé de croiser les bras. Il garde ses lunettes ou ses lentilles s'il les porte habituellement L'expérimentateur fait coulisser les 4 règles fixées aux rubans à plomb de manière à ce que les 2 règles inférieures soient au niveau des 2 grands trochanters et les 2 supérieures au niveau des 2 têtes humérales du sujet.
- **I) Explications à l'examinateur et à l'observateur**
 - **Dans un premier temps**, devant l'observateur et l'examinateur, l'expérimentateur explique et pratique sur le sujet les deux tests à réaliser : un test manuel de recherche de la stratégie d'équilibration : " test d'antéimpulsion passive " et un test d'observation de la stratégie d'équilibration : " test d'antériorisation active ". Dans un second temps, c'est à l'examinateur et à l'observateur de pratiquer les deux tests.

1- Le test d'antéimpulsion passive:

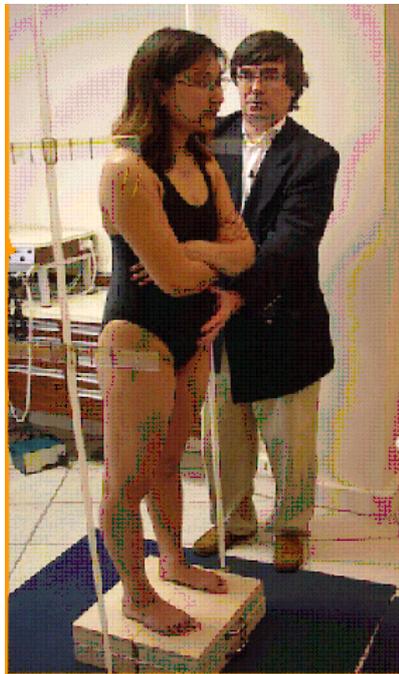


Photo N° 4 – Positionnement examinateur / sujet.

- **L'examineur** placé sur le côté gauche du sujet applique sa main gauche entre le nombril et le pubis du sujet et sa main droite transversalement au niveau de ses omoplates entre la quatrième et huitième vertèbres dorsales. Il pratique ainsi avec sa main droite une poussée progressive et légère vers l'avant qu'il arrête quand le sujet perçoit et verbalise un début de perte de contact cutané au niveau de l'arrière de ses talons. À cet instant, l'examineur apprécie manuellement avec sa main gauche si le bassin du sujet a avancé ou reculé par rapport à sa position de départ (photo n° 4). Pendant ce temps, l'observateur placé à 1 m du profil droit du sujet observe avec son œil de visée si le repère placé sur le grand trochanter au préalable aligné avec la boucle de la règle se déplace qualitativement vers l'avant (signe d'un bassin allant vers l'avant) ou vers l'arrière (signe d'un bassin allant vers l'arrière).

2- Le test d'antériorisation active:

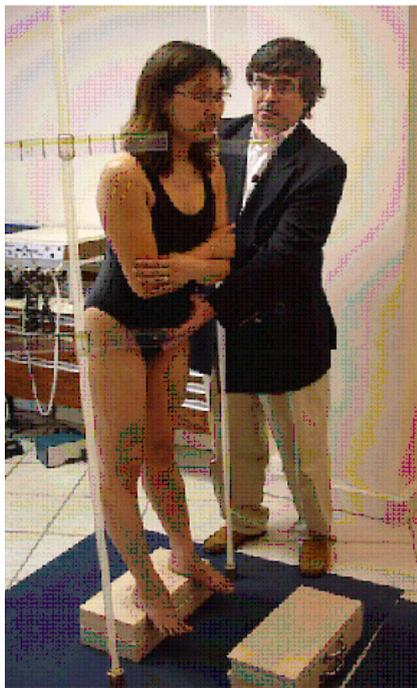


Photo N° 5 - test d'antéulsion passive, réalisé sur demi-plateau.
 Remarque : les pieds n'ont pas été masqués pour permettre de visualiser le 1/2 plateau

- **L'examineur demande au sujet de laisser partir volontairement et progressivement, son corps vers l'avant** jusqu'à ce qu'il perçoive une perte de contact cutané de l'arrière de ses talons avec le sol, en ayant pour consigne de ne pas se laisser emporter par ce mouvement antérieur, ne pas avoir à bouger les pieds, par exemple : faire un pas vers l'avant. Le sujet conserve cette position antérieure à fin de laisser le temps à l'examineur placé à 1 mètre à la gauche du sujet (qui devient alors examineur-observant) et à l'observateur toujours placé à 1 mètre à la droite du sujet d'observer avec leur œil de visée, d'abord à la hauteur de la règle placée en regard du grand trochanter, si les repères de celui-ci sont déplacés d'une distance comprise entre 0 et 5 cm, 5 cm et 10 cm ou supérieure à 10 cm soit vers l'avant, soit vers l'arrière d'une distance comprise entre 0 et -5 cm, -5 cm et -10 cm ou au -delà de -10 cm. Ensuite l'examineur-observant et l'observateur se redressent pour que leur œil de visée soit à la hauteur de la règle placée au niveau de la tête humérale et observent, si les repères placés sur celle-ci sont déplacés vers l'avant d'une distance comprise entre 0 et 5 cm, 5 cm et 10 cm ou supérieure à 10 cm ou vers l'arrière d'une distance comprise entre 0 et -5 cm, -5 cm et -10 cm ou au -delà de -10 cm. Le test d'antériorisation active allie donc une observation qualitative à une observation semi-quantitative.

- **II) Explications au sujet**

- **Dans un deuxième temps, à l'insu de l'observateur et de l'examineur,** l'expérimentateur entraîne le sujet à maintenir son équilibre dans les deux conditions de support plantaire que comporte l'expérimentation : plateau entier et demi-plateau, associés aux deux tests témoins : d'antéulsion passive et d'antériorisation active.
- **A) Dans la condition nommée " plateau entier "**, les moitiés antérieure et postérieure du plateau sont réunies. Le sujet est placé sur le plateau (comme il est décrit auparavant). La surface du plateau est alors supérieure à la surface d'appui podale.
- **B) Dans la condition nommée " demi-plateau "**, seul l'arrière des pieds (s'étendant d'une ligne frontale passant par les bords antérieurs des

styloïdes des Vèmes métatarsiens aux bords postérieurs des talons) repose sur la moitié postérieure du plateau. La surface du plateau est alors inférieure à la surface d'appui podal (photo n° 5). Pour passer d'une condition à l'autre, les parties antérieures des plateaux supérieur et inférieur sont enlevées ou replacées doucement par l'expérimentateur qui propose sa main libre au sujet comme point d'appui sur lequel le sujet peut s'assurer pendant cette manipulation où il ne doit pas bouger l'orientation de ses pieds. Après chaque changement de condition, l'expérimentateur laissera quelques secondes au sujet afin qu'il assure son équilibre sur ce nouveau support avant qu'il subisse un test d'antéimpulsion passive ou qu'il exécute un test d'antériorisation active.

- **PROTOCOLE**

- **Une fois le sujet installé sur le plateau entier par l'expérimentateur,** l'examineur à la gauche du sujet et l'observateur à sa droite viennent grâce à leur œil de visée aligner le bord postérieur du ruban à plomb avec le bord postérieur de la styloïde du Vème métatarsien. Puis au niveau des grands trochanters collent 2 repères verticaux alignés avec les bords verticaux des boucles qui maintiennent les règles placées à la hauteur du bassin.
- **L'observateur et l'examineur pratiquent de même pour placer au niveau des têtes humérales,** 2 autres repères verticaux, ceux-ci alignés avec les bords verticaux des boucles qui maintiennent les règles placées à la hauteur des épaules.
- **À ce stade, le sujet debout sur un plateau entier** présente au niveau de ses 2 têtes humérales et de ses 2 grands trochanters un repère double, constitué de 2 barrettes verticales (4,5 cm de haut, 0,2 cm de large) une antérieure et une postérieure espacées de 3 cm.
- **Au moment de l'observation** des mouvements adaptatifs au test d'antéimpulsion passive ou d'antériorisation active, si le bassin ou les épaules se meuvent vers l'avant ce sont les barrettes antérieures qui serviront de repérages alors que si le bassin ou les épaules se mobilisent vers l'arrière, ce sont les barrettes postérieures qui serviront de référence pour apprécier et chiffrer le déplacement.
- **Une fois ces repères établis,** le sujet tire au sort, à l'insu de l'examineur et de l'observateur, l'ordre de passage des quatre situations expérimentales combinant , les conditions de support et d'exécution des tests.
 - 1 un test d'antéimpulsion passive effectué sur plateau entier
 - 2 un test d'antéimpulsion passive effectué sur demi-plateau
 - 3 un test d'antériorisation active effectué sur plateau entier
 - 4 un test d'antériorisation active effectué sur demi-plateau.
- **Une fois l'ordre de passage établi,** l'expérimentateur adapte au sujet le support plantaire défini par tirage au sort : plateau entier ou demi-plateau, et masque cette condition en camouflant les plateaux et les pieds du sujet avec des champs de papier.
- **Au sein de chaque séquence,** l'examineur et l'observateur ont ainsi examiné et observé, dans un ordre aléatoire 4 situations différentes (modifiées à leur insu par l'expérimentateur) puis après avoir permuté de rôle, de nouveau ces mêmes 4 situations. Ainsi chaque séquence a comporté 8 situations différentes pour le sujet. Une deuxième séquence a été réalisée une demi-heure à 24 heures après. De ce fait pour chaque situation expérimentale, on obtient par équipe 4 réponses données par 2 examineurs différents et 4 réponses données par 2 observateurs différents permettant de comparer des résultats inter et intra examineurs et observateurs. Le protocole ayant réuni 8 équipes, nous avons

donc pu travailler pour chaque situation expérimentale sur la base de 32 résultats.

- **RESULTATS**

- **Ils seront présentés en trois chapitres correspondant premièrement**, à l'analyse de la reproductibilité inter et intra examinateurs et observateurs au test d'antépulsion passive puis deuxièmement à l'analyse qualitative des données permettant la discrimination de la stratégie d'équilibration utilisée par les sujets lors du test d'antépulsion passive et d'antériorisation active. Les résultats sont alors basés sur la comparaison du nombre d'examineurs et d'observateurs ayant ressenti (mouvements de la main pubienne) ou observé (repères cutanés du grand trochanter et de la tête humérale) une avancée ou un recul du bassin et des épaules. Cette comparaison est validée par le test statistique de C?? deux. Ce deuxième chapitre se conclura par la comparaison des résultats obtenus lors du test d'antépulsion passive avec ceux observés lors du test d'antériorisation active.
- *Le troisième chapitre expose l'analyse semi-quantitative des résultats du test d'antériorisation active, basée sur la même méthode statistique.*

- **I) REPRODUCTIBILITE INTER ET INTRA PRATICIENS AU TEST D'ANTEPULSION PASSIVE**

- **1) Reproductibilité inter-examineurs et inter-observateurs**

- **Aux tests d'antépulsion passive**, si nous comparons les résultats perçus sur un même sujet par deux examinateurs différents (tableau I), nous obtenons sur 16 groupes de deux examinateurs, 14 groupes au sein desquels les deux examinateurs ont perçu la même réponse dans la condition du test sur plateau entier, soit 87,5% de reproductibilité du test entre examinateurs. Pour les tests réalisés en condition demi-plateau de support plantaire , 15 groupes sur 16 ont obtenu des réponses identiques ce qui équivaut à 93,75% de reproductibilité inter examineurs. À l'analyse des résultats d'observation de ces mêmes tests, sur un même sujet, réalisés par deux observateurs différents, nous obtenons sur 16 groupes de deux observateurs, le même pourcentage de reproductibilité de réponses inter observateurs qu'inter examineurs soit 87,5% dans la condition de support plantaire sur plateau entier. Sur demi-plateau, les réponses entre observateurs au sein des 16 groupes sont totalement concordantes, soit 100 % de reproductibilité inter praticiens.

• Pour 16 groupes	• Nombre de groupes d'examineurs avec réponses identiques	• Nombre de groupes d'observateurs avec réponses identiques
• plateau entier	• 14	• 14
• demi plateau	• 15	• 16
• Tableau I	• -Au test d'antépulsion passive , 14 groupes de 2 examinateurs sur 16 ont des réponses identiques inter examineurs sur plateau entier et 15 groupes /16 sur demi-plateau. 14 groupes de 2 observateurs sur 16 ont des réponses identiques inter observateurs sur plateau entier et 16 groupes /16 sur demi-plateau.	

- **2) Reproductibilité intra-examineurs et intra-observateurs au test d'antépulsion passive**

- **Dans un délai d'une demi-heure à 24 heures**, chaque examinateur a pratiqué ce test une seconde fois, sur un même sujet, dans les mêmes conditions, sous le regard d'un observateur. Dans la condition plateau entier, 14 des 16 examinateurs ont retrouvé la même réponse au second test qu'au premier, contre 2 dont l'observation a été différente, soit une concordance de 87,5 %. Dans la condition demi-plateau, 15 examinateurs sur 16 ont retrouvé la même réponse, soit 93,75% de concordance (tableau : II).
- **Dans la condition plateau entier**, 14 des 16 observateurs ont retrouvé la même réponse contre 2 qui l'ont trouvée différente, soit la même concordance de 87,5 % que celle des examinateurs. Dans la condition demi-plateau, les 16 observateurs ont retrouvé la même réponse qu'au premier test, soit une 100% de concordance.

	• Examineurs	• Observateurs
• plateau entier	• 14	• 14
• demi plateau	• 15	• 16
• Tableau II	• -Pour les deux conditions de support plantaire , nombre d'examineurs et d'observateurs sur 16 ayant perçu ou observé des réponses identiques à 2 tests d'antépulsion passive.	

- **II) ANALYSE QUALITATIVE 1) TEST D'ANTEPULSION PASSIVE Le Tableau III** présente le nombre soit d'avancées (AV) soit de reculs (AR) du grand trochanter, perçus par les examinateurs et observés par les observateurs dans la pratique du test d'antépulsion passive et dans les deux conditions de support plantaire, plateau entier et demi plateau. Une avancée (AV) correspond au déplacement du repère trochantérien antérieur (aligné avec la barre verticale antérieure de la boucle maintenant la règle graduée) en avant de sa position initiale. Un recul (AR) correspond au recul du repère trochantérien postérieur (aligné avec la barre verticale postérieure de la boucle maintenant la règle graduée) en arrière de sa position initiale. **Seize examinateurs** ont pratiqué chacun deux tests dans chacune des deux situations, plateau entier et demi-plateau, soit 64 résultats pour les examinateurs. Les 16 observateurs ont, dans le même temps, observé ces mêmes deux tests dans les mêmes conditions, soit 64 observations au total pour les observateurs.

• Examineurs	• Examineurs		• Observateurs	• Observateurs
• Plateau entier	• demi plateau		• plateau entier	• demi plateau
• 30	• 0	• Av	• 30	• 0
• 2	• 32	• Ar	• 2	• 32
• Tableau III		• Nombre d'avancées ou de reculs du repère trochantérien lors du test d'entépulsion passive exécuté par les 16 examinateurs et observé conjointement par 16 observateurs lors des deux conditions de support plantaire: plateau entier et demi plateau.		

- **a) Examineurs Sur le plateau entier**, les examinateurs (Tableau IV) ont observé 30 fois un déplacement vers l'avant (AV) du repère trochantérien et 2 fois vers l'arrière (AR), alors que, inversement, sur le demi-plateau, le grand trochanter a systématiquement reculé (AR = 32). La différence entre les deux conditions de support plantaire, plateau et demi plateau est, évidemment, hautement significative ($p < 0,0001$) au test du X².

• Résultats examinateurs	• Av	• Ar
• Plateau entier	• 30	• 2
• demi plateau	• 0	• 32
• Tableau IV:	• Déplacement vers l'avant (Av) ou l'arrière (Ar) du grand trochanter lors des 32 tests d'antépulsion passive réalisés par les examinateurs, dans chaque condition de support plantaire: plateau entier et demi plateau. Au test du X2 La différence de resultats entre les deux conditions de support est hautement significative ($p < 0,0001$).	

• **b) Observateurs**

- **Les observateurs, ont constaté que** sur 32 tests d'antépulsion passive réalisés par les examinateurs sur le plateau entier, le grand trochanter s'est déplacé 30 fois vers l'avant et 2 fois vers l'arrière, alors que sur le demi-plateau, le résultat est inverse : le grand trochanter a reculé 32 fois (Tableau : V)
- **La encore, la différence de résultat** entre les deux conditions de support est hautement significative ($p < 0,0001$) au test du X2.

• Résultats examinateurs	• Av	• Ar
• Plateau entier	• 30	• 2
• demi plateau	• 0	• 32
• Tableau V:	• Déplacement vers l'avant (Av) ou l'arrière (Ar) du grand trochanter lors des 32 tests d'antépulsion passive observés par les observateurs, dans chaque condition de support plantaire: plateau entier et demi plateau. Au test du X2 La différence de resultats entre les deux conditions de support est hautement significative ($p < 0,0001$).	

- **c) Comparaison des résultats examinateurs et observateurs** Les résultats obtenus par les examinateurs et les observateurs lors du test d'antépulsion passive sur le plateau entier (tableau VI) et le demi-plateau (tableau VII) sont superposables : leur différence n'est pas significative.

• Sur plateau entier	• Examineur	• Observateur
• Av	• 30	• 30
• Ar	• 2	• 2
• Tableau VI:	• En condition plateau entier, nombre d'avancées et de reculs du grand trochanter perçus et observés respectivement par les examinateurs et les observateurs; aucune différence significative.	

• Sur demi plateau	• Examineur	• Observateur
• Av	• 0	• 0
• Ar	• 32	• 32
• Tableau VI:	• En condition demi plateau, nombre d'avancées et de reculs du grand trochanter perçus et observés respectivement par les examinateurs et les observateurs; aucune différence significative.	

• **2) TEST D'ANTERIORISATION ACTIVE**

- **Le Tableau VIII résume les résultats du test d'antériorisation active** - le sujet se laisse volontairement aller vers l'avant - observé par les examinateurs-observants et les observateurs, dans les deux conditions de support plantaire, plateau entier et demi plateau. Les conditions d'observation sont les mêmes que celles du test d'antépulsion passive, avancée ou recul du grand trochanter,

repéré(e)s par le sens du déplacement de son repère cutané.

- **Seize examinateurs-observants ont pratiqué chacun deux tests** dans chacune des deux conditions, soit 32 résultats sur plateau entier et 32 résultats sur demi plateau, au total 64 résultats pour les examinateurs-observants. Les 16 observateurs ont, dans le même temps, observé ces mêmes deux tests dans les deux conditions, soit 32 résultats sur plateau entier et 32 résultats sur demi plateau au total 64 observations au total pour les observateurs.

• Examineurs	• Observants	•	• Observateurs	• Observateurs
• Plateau entier	• demi plateau	•	• plateau entier	• demi plateau
• 31	• 2	• Av	• 32	• 2
• 1	• 30	• Ar	• 0	• 30
• Tableau VIII		• Nombre d'avancées ou de reculs du repère trochantérien lors du test d'entéropulsion passive exécuté par les 16 examinateurs- observant lors des deux conditions de support plantaire: plateau entier et demi plateau.		

• a) **examineurs-observants**

- Sur les 32 tests d'antériorisation active (tableau IX), les examinateurs-observants ont observé 31 fois un déplacement du grand trochanter vers l'avant et une seule fois vers l'arrière sur plateau entier, alors que sur demi-plateau, le résultat est inverse : le grand trochanter a reculé 30 fois et avancé 2 fois. Entre ces deux conditions de support plantaire, la différence observée par les examinateurs-observants est, évidemment, hautement significative : ($p < 0,0001$) au test du X².

• Examineurs-observants	• Av	• Ar
• Plateau entier	• 31	• 1
• demi plateau	• 2	• 30
• Tableau IX:	• Déplacement vers l'avant (Av) ou l'arrière (Ar) du grand trochanter lors des 32 tests d'antériorisation active observés par les examinateurs- observants, dans chaque condition de support plantaire: plateau entier et demi plateau. Au test du X ² La différence de résultats entre les deux conditions de support est hautement significative ($p < 0,0001$).	

• b) **Observateurs**

- **Les observateurs ont observé 32 fois le grand trochanter avancer** lors des 32 tests sur le plateau entier, mais reculer 30 fois et avancer 2 fois sur le demi plateau (Tableau X). La différence observée entre ces deux conditions de support plantaire est hautement significative : $p < 0,0001$ au test du X².

• Observateurs	• Av	• Ar
• Plateau entier	• 32	• 0
• demi plateau	• 2	• 30
• Tableau X:	• Déplacement vers l'avant (Av) ou l'arrière (Ar) du grand trochanter lors des 32 tests d'antériorisation active observés par les observateurs, dans chaque condition de support plantaire: plateau entier et demi plateau. Au test du X ² La différence de résultats entre les deux conditions de support est hautement significative ($p < 0,0001$).	

- **c) Comparaison des résultats examinateurs-observants et observateurs**

- **Les déplacements du grand trochanter** observés par les examinateurs-observants et les observateurs lors du test d'antériorisation active sur le plateau entier (Tableau XI) aussi bien que sur le demi plateau (Tableau XII) sont tout à fait superposables ; leur différence n'est pas significative au test du X2.

• Plateau entier		
•	• examinateur-observant	• Observateur
• Av	• 31	• 32
• Ar	• 1	• 0
• Tableau XI:	• En condition plateau entier, nombre d'avancées et de reculs du grand trochanter observés respectivement par les examinateurs observateurs et les observateurs lors du test d'antériorisation active; aucune différence significative.	

• Demi plateau		
•	• examinateur-observant	• Observateur
• Av	• 2	• 2
• Ar	• 30	• 30
• Tableau XII:	• En condition demi plateau , nombre d'avancées et de reculs du grand trochanter observés respectivement par les examinateurs observateurs et les observateurs lors du test d'antériorisation active; aucune différence significative.	

- **3) COMPARAISON DES TESTS D'ANTEPULSION PASSIVE ET D'ANTÉRIORISATION ACTIVE a) Examinateurs**

- **Avancée ou recul du grand trochanter** perçu(e) (anté pulsion passive) ou observé(e) (antériorisation active) par les examinateurs, lors du test ne révèlent aucune différence significative entre les deux tests. Ils montrent très majoritairement tous les deux sur le plateau entier une avancée du grand trochanter : 30 sur 32 au test d'anté pulsion passive et 31 sur 32 au test d'antériorisation active (Tableau XIII).

•	• anté pulsion passive	• antériorisation active
• Av	• 30	• 31
• Ar	• 2	• 1
• Tableau XIII:	• Dans la condition de plateau entier, comparaison des résultats d'avancée (AV) et de recul (AR) du grand trochanter lors des tests d'anté pulsion passive et d'antériorisation active perçus et observés par les examinateurs. Aucune différence significative entre les deux tests.	

- **Les résultats sont aussi concordants sur demi plateau que sur plateau entier :** le grand trochanter recule dans tous les cas (32 fois sur 32) en anté pulsion passive et presque toujours (30 sur 32) en antériorisation active (Tableau XIV). La différence entre les deux tests n'est pas significative.

	• antépulsion passive	• antériorisation active
• Av	• 0	• 2
• Ar	• 32	• 30
• Tableau XIV:	• Dans la condition de demi-plateau , comparaison des résultats d'avancée (AV) et de recul (AR) du grand trochanter lors des tests d'antépulsion passive et d'antériorisation active perçus et observés par les examinateurs. Aucune difference significative entre les deux tests.	

• **b) Observateurs**

- **Il n'existe également pas de différence significative entre le test d'antépulsion passive et d'antériorisation active sur plateau entier :** le grand trochanter a avancé 30 fois et reculé 2 fois dans la première situation, avancé dans tous les cas (32) dans la deuxième (Tableau XV).

	• antépulsion passive	• antériorisation active
• Av	• 30	• 32
• Ar	• 2	• 0
• Tableau XV:	• Dans la condition de plateau entier, comparaison des résultats d'avancée (AV) et de recul (AR) du grand trochanter lors des tests d'antépulsion passive et d'antériorisation active perçus et observés par les observateurs. Aucune difference significative entre les deux tests.	

- **Sur demi-plateau (tableau XVI) les résultats sont aussi concordants :** le grand trochanter recule dans tous les cas (32 fois) pour le mouvement d'antépulsion passive et 30 fois sur 32 pour le mouvement d'antériorisation active : la différence n'est évidemment pas significative.

	• antépulsion passive	• antériorisation active
• Av	• 0	• 2
• Ar	• 32	• 30
• Tableau XVI:	• Dans la condition de demi-plateau, comparaison des résultats d'avancée (AV) et de recul (AR) du grand trochanter lors des tests d'antépulsion passive et d'antériorisation active perçus et observés par les observateurs. Aucune difference significative entre les deux tests.	

• **III) ANALYSE SEMI QUANTITATIVE**

- **La mise en place de règles graduées à la hauteur des épaules et des grands trochanters** permet d'apprécier plus finement l'amplitude de ces déplacements avant ou arrière : évaluation soit de la position en avant ou en arrière de l'un et de l'autre repère (position) soit la distance relative qui les sépare quelle que soit leur position (distance).

• **1) Position des repères de l'épaule et du grand trochanter**

- Elle est appréciée pour le test d'antériorisation active (tableau XVII).

• Position en cm		tableau XVII Examineur-observants		• Observateurs	
• Epaule	• Grand trochanter	• plateau	• demi-plateau	• plateau	• demi-plateau
• >10	• entre 10 et 0	• 21	• 0	• 19	• 0
• entre 10 et 0	• entre 10 et 0	• 9	• 2	• 12	• 0
• <0	• entre 0 et 10	• 1	• 29	• 0	• 30
• entre 0 et 10	• entre 0 et 10	• 0	• 1	• 0	• 0
• autres	• autres	• 1	• 0	• 1	• 2

Tableau XVII : Nombre de sujets en position observée sur la règle de mesure des repères des épaules E et du grand trochanter GT, la verticale passant par le bord postérieur de la styloïde du cinquième métatarsien étant situé à 1,5 cm en arrière du zéro de la règle. Les mesures positives indiquent donc les positions antérieures, les négatives les positions postérieures à cette verticale. La ligne 1 de ce tableau correspond à des sujets dont l'épaule est très en avant et le grand trochanter entre verticale et position de l'épaule ; la ligne 2 l'épaule et le grand trochanter en avant de cette verticale ; la ligne 3 l'épaule en avant et le grand trochanter en arrière de cette verticale ; la ligne 4 les épaules et le grand trochanter en arrière de cette verticale. Les lignes 1 et 2 dénombrent donc les sujets en avant de l'aplomb du bord postérieur de la styloïde du V, sans recul du grand trochanter (tactique de la cheville), la ligne 3 ceux dont les épaules sont en avant et le grand trochanter en arrière de cet aplomb (tactique de hanches). Il n'existe pas de différence significative entre observateur et examinateur-observants pour le bloc lignes 1-2 en situation plateau, ni pour la ligne 3, pour la situation demi-plateau. Par contre, la différence est hautement significative au 2 ($p < 0,0001$) pour le bloc des lignes 1-2 et la ligne 3 entre la situation plateau et demi-plateau que ce soit pour les observateurs ou pour les examinateur-observants, ou pour cumul observateurs- examineur-observants de ces deux situations. Ces résultats confirment donc ceux du protocole qualitatif.

• a) Repère grand trochanter et repère de l'humérus en avant de la verticale antérieure.

- **Dans la condition plateau entier**, les épaules sont observées en avant de la verticale antérieure (définie par le bord antérieur du ruban plombé) à une distance supérieure à 10 cm et le bassin à une distance inférieure à 10 cm en avant, 21 fois par les examinateurs et 19 fois par les observateurs.
- **Les autres situations en avant** (bassin et épaule, en avant de la verticale antérieure à une distance variant de cette même verticale à une distance inférieure à 10 cm en avant), sont observées par 9 examinateurs et 12 observateurs.
- **Ce qui aboutit pour les examinateurs** à ce que $21+9 = 30$ tests d'antériorisation active sur 32 objectivent pour les sujets un maintien de la stabilité en avant du bord postérieur de la styloïde du cinquième métatarsien, et même en avant de la verticale antérieure située à 3 cm en avant de ce bord postérieur ; et pour les observateurs que $19+12 = 31$ sur 32 observent ce même résultat. Il n'existe pas de différence significative entre examinateur-observants et observateurs au niveau des résultats observés sur plateau entier.

• b) Repère grand trochanter en arrière de la verticale postérieure et repère de l'humérus en avant de la verticale antérieure.

- **C'est dans la condition demi-plateau que les examinateurs objectivent** 29 fois sur 32 un recul du repère postérieur du grand trochanter situé à l'aplomb de la styloïde de cinquième métatarsien pouvant aller jusqu'à moins 10 cm, tandis

que les épaules restent situées en avant de la verticale antérieure (et jusqu'à une distance supérieure à 10 cm). Les observateurs notent 30 fois sur 32 cette même situation du trochanter et des épaules. Il n'existe pas, ici non plus, de différence significative entre examinateur-observants et observateurs.

- **c) Comparaison demi-plateau et plateau entier.**

- **Par contre, la différence existant entre les résultats observés sur plateau entier et sur demi-plateau est hautement significative** ($p < 0,0001$ au test du 2) aussi bien pour les examinateurs que pour les observateurs. Soit, sur plateau entier les examinateur-observants constatent 30 fois sur 32 que les sujets sont en avant de la verticale antérieure, les observateurs 31 fois sur 32. Sur demi-plateau, par contre, les examinateur-observants constatent que 29 sujets sont en arrière de l'aplomb postérieur en ce qui concerne le grand trochanter alors que le repère huméral est en avant et les observateurs en trouvent 30 sur 32.

- **Si on cumule, pour les conditions de support plantaire identique, les observations des examinateurs et des observateurs,** la différence est hautement significative au test du 2 ($p < 0,0001$) : 61 avancées (sur 64) du grand trochanter et de l'humérus en avant de l'aplomb passant par le bord postérieur de la styloïde du cinquième métatarsien sur plateau entier en face de 59 reculs (sur 64) du grand trochanter en arrière associé à un humérus resté en avant, pour la condition demi plateau. Ces résultats confirment sans ambiguïté ceux du protocole qualitatif.

- **2) Distance entre le repère de l'humérus et celui du grand trochanter**

- **Par rapport à la verticale** passant par le bord postérieur de la styloïde du cinquième métatarsien, les repères de la ceinture scapulaire et du bassin avancent ou reculent donc suivant la situation de l'appui plantaire ; de ce fait la distance séparant les deux verticales passant par les repères de l'humérus et du fémur varie (Tableau XVIII). Les observateurs trouvent cette distance grand trochanter-humérus inférieure ou égale à 10 cm (lignes 1 et 2 du tableau XVIII) pour 25 tests des 32 sur plateau entier et seulement pour 6 tests sur 32 pour le demi-plateau

• Distance en cm	• tableau XVIII Observateurs		• Examineur-observants	
	• plateau	• demi-plateau	• plateau	• demi-plateau
• = ou < 5	• 9	• 0	• 5	• 2
• entre > 5 et = ou < 10	• 16	• 6	• 19	• 6
• entre > 10 et = ou < 15	• 6	• 8	• 7	• 7
• > 15	• 0	• 16	• 0	• 17
• autres (inversées)	• 1	• 2	• 1	• 0

- **Tableau XVIII :** Nombre de sujets présentant la distance observée (en cm) sur la règle de mesure entre le repère des épaules E et celui du grand trochanter GT. Le zéro de la règle étant placé 1,5 cm en avant de la verticale passant par le bord postérieur de la styloïde du cinquième métatarsien. Les différences entre les distances inférieures à 10 cm (ligne 1 et 2) et supérieures à 15 cm (ligne 4) sont hautement significatives au 2 ($p < 0,0001$) entre les situations plateau et demi-plateau que ce soit pour les observateurs ou pour les examinateur-observants. **Cette différence reste hautement significative** au 2 ($p < 0,0001$) entre les situations plateau et demi-plateau que ce soit pour les observateurs ou pour les examinateur-observants lorsque sont prises en compte les distances inférieures à 15 cm (lignes 1,2,3) face à celles supérieures à 15 cm. La condition demi-plateau allonge la distance épaules-grand trochanter, les épaules restant ou partant en avant, le grand trochanter reculant.

-
- **Cette même distance** n'est supérieure à 15 cm pour aucun test sur les 32 pour la condition plateau entier et mais l'est sur la moitié des tests (16 sur 32) sur demi-plateau (tableau XIX).

• Distance en cm E GT	• plateau	• demi plateau
• = ou < 10	• 25	• 6
• >15	• 0	• 16
• Tableau XIX:	• Nombre de tests d'antériorisation active sur 32 tests constatant une distance en cm (= ou < 10) et (> 15) des épaules (E) et du grand trochanter (G) sur plateau et demi plateau, constaté par les observateurs. Il y a moins d'écart entre ces deux repères sur plateau que sur demi plateau et la différence de résultats entre les deux conditions est autement significative ($p < 0,0001$).	

-
- **Parallèlement, les examinateurs trouvent cette distance inférieure ou égale à 10 cm** pour 24 tests sur 32 en condition plateau entier et pour 8 tests sur 32 sur demi-plateau. Cette distance n'est jamais supérieure à 15 cm en condition plateau entier alors qu'elle l'est 17 fois sur 32 sur demi-plateau (Tableau XX).

• Distance en cm E GT	• plateau	• demi plateau
• = ou < 10	• 24	• 8
• >15	• 0	• 17
• Tableau XX:	• Nombre de tests d'antériorisation active sur 32 tests constatant une distance en cm (= ou < 10) et (> 15) des épaules (E) et du grand trochanter (G) sur plateau et demi plateau, constaté par les examinateurs-observants. Il y a moins d'écart entre ces deux repères sur plateau que sur demi plateau et la différence de résultats entre les deux conditions est autement significative ($p < 0,0001$).	

- **Aussi bien pour les examinateur-observants que pour les observateurs**, les différences entre les situations plateau et demi-plateau lorsque la distance épaule-grand trochanter est soit inférieure à 10 cm soit supérieure à 15 cm sont hautement significatives ($p < 0,0001$ au test du X2).

- **Ces différences restent hautement significatives** ($p < 0,0001$ au test du X2) aussi bien lorsque la distance, globalement prise en compte, est inférieure ou égale à 15 cm que lorsqu'elle est supérieure à 15 cm (Tableau XX et XXI).

• Distance en cm E GT	• plateau	• demi plateau
• = ou < 15	• 31	• 14
• >15	• 0	• 16
• Tableau XXI:	• Nombre de tests d'antériorisation active sur 32 tests constatant une distance en cm (= ou < 15) et (> 15) des épaules (E) et du grand trochanter (G) sur plateau et demi plateau, constaté par les observateurs. Il y a moins d'ecart entre ces deux repères sur plateau que sur demi plateau et la différence de résultats entre les deux conditions est autement significative ($p < 0,0001$).	

• Distance en cm E GT	• plateau	• demi plateau
• = ou < 10	• 31	• 15
• >15	• 0	• 17
• Tableau XXII:	• Nombre de tests d'antériorisation active sur 32 tests constatant une distance en cm (= ou < 15) et (> 15) des épaules (E) et du grand trochanter (G) sur plateau et demi plateau, constaté par les examinateurs-observants. Il y a moins d'ecart entre ces deux repères sur plateau que sur demi plateau et la différence de résultats entre les deux conditions est autement significative ($p < 0,0001$).	

- **Ainsi, la condition demi-plateau augmente la distance entre les repères scapulaire et pelvien**, ce que n'entraîne pas la situation plateau entier : sur le demi-plateau, les épaules restent ou partent en avant alors que le grand trochanter recule ; sur le plateau entier épaules et grand trochanter restent plus proches l'un de l'autre et en avant de l'aplomb passant par la styloïde du cinquième métatarsien.

Discussion

- **Dans un premier temps, nous discuterons brièvement les résultats et leurs conséquences bio-mécaniques**, puis la superposition entre nos résultats et ceux de Nashner et Mc Collum. Dans un deuxième temps nous évoquerons le parallélisme entre diminution du polygone de sustentation ou vieillissement podal et l'équilibration par stratégie de hanche, pour terminer sur l'intérêt d'évaluer cliniquement le vieillissement postural.
- **Validité du test d'antéimpulsion passive** *Reproductibilité intra-praticien*
- **Lorsque l'on compare les résultats aux tests cliniques obtenus par le même praticien**, soit dans le rôle d'observateur soit dans le rôle d'examineur, deux fois de suite avec le même sujet, il y a aucune différence significative entre les deux résultats. La reproductibilité est au moins égale à 87,5% pouvant aller

jusqu'à 100%, que cela soit sur le plateau entier ou le demi plateau.

- **Reproductibilité inter-praticien**

- **Lorsque l'on compare les résultats aux tests cliniques obtenus par deux praticiens différents**, soit dans le rôle d'observateur soit dans le rôle d'examineur, deux fois de suite avec le même sujet, la reproductibilité s'établit entre 87,5% et 100% de concordance de résultats que cela soit sur le plateau entier ou le demi plateau.

- **Comparaison du test d'antépuulsion passive et d'antériorisation active**

- **Lorsque l'on compare les résultats de ces deux tests, ils ne présentent aucune différence significative quelle que soit la condition de support plantaire.** L'action manuelle de poussée de l'examineur n'entraîne apparemment pas de réactions secondaires et le déplacement du grand trochanter perçu est bien représentatif des syncinésies musculaires d'équilibration, donc des stratégies d'équilibration.

- **Discrimination de la stratégie de cheville et stratégie de hanche**

- **Lors de la poussée dans le test d'antépuulsion passive comme lors du test d'antériorisation active**, en fonction de la condition de support plantaire, les examinateurs et les observateurs ont constaté sans différence significative, un mouvement avant du grand trochanter témoin d'une stratégie de cheville ou un mouvement arrière du grand trochanter représentatif d'une stratégie de hanche. De plus, entre la condition de support plantaire en plateau entier générant pour les deux tests un mouvement du grand trochanter vers l'avant et celle, en demi-plateau, entraînant un recul du grand trochanter, la différence de résultats est hautement significative : la probabilité d'erreur étant inférieure à une possibilité sur 10 000.

-

- **L'analyse semi-quantitative de la position du grand trochanter et de la tête humérale, lors du test d'antériorisation** a montré une différence là aussi hautement significative ($p < 0,0001$) entre les résultats trouvés sur plateau entier et demi-plateau. Sur plateau entier, le grand trochanter et la tête humérale sont situés en avant de la verticale passant par le bord postérieur du cinquième métatarsien. Cette position signe une projection du corps en avant des tibio-tarsiennes avec l'axe du mouvement à leur niveau. Par contre sur demi-plateau, le grand trochanter est situé en arrière de la verticale passant par le bord postérieur du cinquième métatarsien et la tête humérale est située en avant. Cette position signe une projection de la coxo-fémorale en arrière de l'axe des tibio-tarsiennes. L'axe du mouvement est situé au niveau des coxo-fémorales et le mouvement s'initie à leur niveau par une contraction proximo-distale de rééquilibration comme dans la stratégie de hanche.

- **Les tests présentés mettent-ils en évidence la stratégie de hanche et de cheville de façon superposable à ce qui est décrit par Nashner et Mc Collum ? Ces tests mettent-ils en évidence ce qu'ont décrit Nashner et Mc Collum (1985) comme stratégie de hanche et de cheville ?**

- **Ils ont étudié les réactions d'équilibration de sujets sains** sur plate-forme mobile à l'aide d'analyse électromyographique. La question se pose de savoir si les mouvements des témoins cutanés de hanche et d'épaule, indiscutables, que nous avons observés, lors de l'antériorisation passive ou active, traduisent effectivement une gestion biomécanique de la situation plantaire que nous avons créée, équivalente à celle que provoquait les mouvements de leur plate-forme. Seule la reprise de cette expérimentation clinique complétée par des

enregistrements électromyographiques en apporterait la preuve. Cependant, les deux interrogations que sont la plate-forme mobile par rapport à la poussée et l'analyse électromyographique par rapport à la perception clinique du mouvement pelvien peuvent être discutées chacune pour son compte.

- ***La plate-forme mobile par rapport à la poussée***

- **Les cliniciens du début du siècle passé, n'ayant pas à leur disposition les moyens technologiques actuels**, utilisaient pour explorer l'équilibration des patients neurologiques des moyens cliniques tel le phénomène de la poussée de Foix et Thévenard (1925) ; André Thomas (1940) considérait que ces poussées génèrent des réactions comparables aux réactions déclenchées par les déplacements soudain du sol. Effectivement, plate-forme instable et poussée induisent des contraintes biomécaniques similaires : le centre de gravité s'antériorise par rapport au centre de pression podale. Lors des mouvements de translation antéro-postérieure de la plate-forme (recul) la plupart des sujets réagissent par une réaction initiale (90 à 100 ms) des muscles de la loge postérieure de la jambe ce qui signe une ligne de gravité qui s'antériorise. La poussée vers l'avant entraîne pour le sujet qui la subit une antériorisation de la ligne de gravité ce qui, en retour, augmente l'activité électromyographique des muscles de la loge postérieure de jambe (Okada 1970).

- ***L'analyse électromyographique face à l'analyse clinique kinesthésique et visuelle du mouvement de l'axe corporel.***

- **Dans le protocole de Nashner et Mc Collum**, la majorité des sujets ont réagi aux mouvements de translation antéro-postérieure de la plate-forme dans le plan horizontal par une réaction initiale des muscles extrinsèques du pied (90 à 100 ms), puis, 10 à 20 ms plus tard par les muscles de cuisse et encore 10 à 20 ms plus tard par les muscles du tronc (stratégie de cheville), séquence disto-proximale. Si l'on en croit André Thomas, les contractions des muscles s'organisent également de bas en haut, lors de la poussée de Foix et Thévenard. Plus généralement, les réactions d'équilibration chez les sujets sains sur une base d'appui habituelle, s'initient au niveau des muscles distaux des jambes (muscles extrinsèques du pied avant toute activité E.M.G. dans les autres muscles (Gurfinkel et al. 1972 ; Nashner, 1977 ; Béraud et al, 1990). Ces sujets, comparés par Gurfinkel (1973) à un pendule inversé oscillant autour de leurs chevilles, présentent une antépulsion pelvienne et scapulaire que les deux tests que nous avons pratiqué ont effectivement mis en évidence aussi bien à la perception manuelle qu'à l'observation visuelle.

-

- **Dans la stratégie de hanche**, la réaction musculaire initiale se situe au niveau des muscles abdominaux qui génèrent un rapprochement de la face antérieure du tronc de la face antérieure des cuisses. Ce mouvement de flexion du tronc s'inscrit dans une synergie fonctionnelle d'équilibration (Babinski, 1899) dans laquelle la coxo-fémorale en reculant conserve la superposition du centre de gravité avec le centre de pression. Nos résultats montrent que ce recul est effectivement, aisément perçu et visualisé par les cliniciens

- **Les tests que nous avons pratiqués apparaissent donc jusqu'à preuve du contraire comme le complément clinique des mesures électromyographiques** auxquelles elles se superposent pour objectiver les réactions d'équilibration.

- **Diminution la base d'appui plantaire**

- **La stratégie de cheville est permanente chez l'homme jeune en bonne santé** et le simple fait de pousser le sujet vers l'avant ne permet pas de lui faire adopter

une stratégie de hanche. Il nous a fallu trouver un équivalent au mouvement déstabilisant de la plate-forme de Nashner : diminuer la base d'appui plantaire (demi-plateau).

-
- **Si les chinois en déformant le pied des petites filles dès 1100 avant J.-C.**, puis en plaçant un énorme talon au centre de leurs chaussures ont été les premiers à avoir modifié la base posturale d'appui, les premiers scientifiques travaillant sur l'équilibre (Romberg 1853 ; Vierordt, 1877) ont observé que les oscillations posturales sont augmentées lorsque la base de sustentation est réduite. Gilles (2000), depuis a montré que la seule réduction de la surface d'appui n'est pas suffisante pour modifier l'équilibre. Il faut lui associer une perturbation supplémentaire, par exemple un mouvement de poussée antérieure qui entraîne alors un déplacement du centre des pressions podales. Horak et Nashner (1983) ont, à l'instar des chinois, pour générer une stratégie de hanche chez les sujets jeunes sur plate-forme mobile, placé leurs sujets sur un support dont la surface d'appui était inférieure à la surface de contact plantaire habituelle : le pattern musculaire de l'équilibre dépend en effet principalement du support corporel au moment de la perturbation (Lacquaniti et al 1990). Pour modifier le support plantaire il aurait été aussi possible d'utiliser de la mousse, technique couramment utilisée lors d'études posturographiques (Kapteyn, 1971, Amblard et Crémieux 1975, Bles et de Wit, 1976, Magnusson et al., 1990) ; mais notre équipe a montré que des mousses différentes, dont les caractéristiques physiques sont mal définies, produisent des effets posturaux variables (Leporck et Villeneuve, 1996 ; Nouhet et Villeneuve, 1997 ; Weber et al , 1998 ; Villeneuve-Parpay et al 1999 ; Weber et al, 2000). De plus, en diminuant la surface de contact plantaire habituelle, ce qui modifie le bras de levier podal et, de plus, génère une agnosie de la partie antérieure du pied, nous nous rapprochions de la méthode utilisée par le groupe de Nashner (Horak 1993 et 1996).
- **Parallélisme entre diminution du polygone de sustentation ou vieillissement podal et équilibration posturale par stratégie de hanche**
- **Dans un premier temps, nous ferons un rappel sur la physiologie du capteur podal et son rôle dans le maintien de l'équilibre**, puis nous évoquerons son vieillissement et envisagerons les répercussions sur l'équilibre. Les informations proprioceptives et extéroceptives plantaires jouent un rôle très important chez le sujet âgé, les informations vestibulaires et visuelles étant peu ou pas utilisées (Diard., et Al 93 ; Vitte, et Al 93 ; Toupet. et Gagey, 92).
- **L'exocapteur plantaire du système postural fin.**
- **L'importance du capteur plantaire n'avait pas échappé aux premiers physiologistes de la posture**, Vierordt (1877) et Magnus (1926) le considéraient même comme le capteur le plus important chez l'homme. Cependant, mise à part la réaction de soutien (Rademaker,1935) décrite précocement chez l'animal, il aura fallu attendre le développement des techniques posturographiques pour que l'étude posturale du capteur plantaire de l'homme soit véritablement entreprise. Les travaux des pionniers (Okubo, Watanabe, et al., 1980 ; Gagey et al., 1985) ont confirmé, que les informations plantaires étaient effectivement utilisées par le système postural fin. Cela a depuis été confirmé par les récents travaux de l'équipe de Jean-Pierre Roll (Kavounoudias et al 1998 ; Roll et al 2000). Les mécanorécepteurs de la sole plantaire ont des seuils très performants. Ils détectent des variations de pression de l'ordre de 300 milligrammes de pression (Gerthoffert,1982) et ils sont activés par une déformation minime de la peau, à partir de cinq microns (Wergner., Mountcastle, 1965 ; Iggo et Muir, 1969). Ils permettent une

discrimination tactile, de seuil très bas au niveau de l'avant-pied et des orteils, de l'ordre de deux à quatre millimètres (Lamoulié, 1980). Ils informent la boîte noire du S.P.F.. Leur stimulation améliore l'équilibre (Okubo, et al., 1980, Helbert et Faugouin, 1991) leur inhibition au contraire perturbe l'équilibre (André-Deshays, Revel. 1988 ; Asai, et al 1990 ; Magnusson et al 1990). L'appui du pied au sol représente un invariant capital dans la compréhension de l'équilibre postural. Le rôle sensoriel très riche de la plante du pied est vraisemblablement déterminant dans la stratégie de la cheville, ce que confirme l'expérience d'Horak et collaborateurs (1990) dans laquelle une anesthésie de la plante du pied entraîne une stratégie de hanche chez l'adulte jeune. La réduction du support plantaire diminuant d'autant le contact cutané et donc les informations extéroceptives, ses conséquences semblent similaires au vue de nos résultats, à une anesthésie partielle de la sole plantaire, entraînant sur nos sujets jeunes, une réponse au déséquilibre par la stratégie de hanche.

- **Vieillesse podale et équilibre posturale**

- **On peut estimer que 80 % de la population après 65 ans souffre ou souffrira, à un moment ou à un autre, de problèmes podologiques** (Dieblod et Daum, 1992). Nous savons que l'atrophie du capiteau plantaire sous-métatarsien s'observe très fréquemment après soixante-quinze ans. Le manque d'amortissement nuit à la diffusion des contraintes de pression sous les têtes métatarsiennes et fait apparaître des durillons ou des cors dont les pointes s'enfoncent en profondeur. Le retentissement sur la marche et l'équilibre est évident : la personne n'ose plus appuyer sur son avant-pied douloureux (Piera et Vassel, 1992). Nous savons, que les personnes âgées ont une posture avec leur coxo-fémorale en arrière (Lafont, 1999), cela permet vraisemblablement de diminuer les contraintes au niveau de leurs avant-pieds douloureux, ce qui pourrait alors faciliter la stratégie de hanche. D'autres parts, une zone douloureuse à la partie antérieure de l'avant-pied ne permet vraisemblablement plus d'utiliser de façon optimale le bras de levier antérieur du levier podal. Ceci correspondrait alors à une situation d'équilibre sur demi-plateau lors de notre expérimentation qui entraîne une stratégie de hanche de façon quasi systématique.

-

- **Outre les réflexes antalgiques, l'on trouve diverses explications en rapport avec le capteur podal.** Certains (Dyck et al 1984., Lindblom, 1984 et Potvin et al 1980) indiquent une détérioration sensitive liée à la pallesthésie (sensibilité osseuse aux vibrations), d'autres (Schiano et al. 1988) constatent une détérioration de tous les types de sensibilité, prédominante sur la sensibilité vibratoire à 256 Hz, fréquence de recrutement des corpuscules de Pacini (Hunt 1974). Les seuils de la perception cutanée, proprioceptive et articulaire augmentent avec l'âge (Birren, 1974, Whanger et Wang 1974 ; Kokmen et al 1978 ; Brocklehurst et al 1982 ; Skinner et al 1984). D'autres, enfin (Rabinowitz, 1982 et Allègre, 1985) mettent l'accent sur la perte des "gnosies plantaires" (reconnaissance de la forme d'un objet par la plante du pied), comme facteur favorisant la chute. Chez le sujet âgé, il existe une bonne corrélation entre le vieillissement de l'équilibre et le vieillissement de la sensibilité notamment au niveau des capteurs de pression hypodermiques (Enjalbert et al 1992). Certains (Allègre, 1992) proposent d'entretenir lesgnosies podales pour retarder, l'installation de troubles gnosiques qui se fait généralement pour les auteurs vers 65 ans. La diminution de la sensibilité plantaire, pouvant aller jusqu'à l'agnosie, pourrait être comparée dans certains cas à une anesthésie de la plante du pied (Horak F.B. et al. 1990) et contribuer à créer une stratégie de hanche. Chez la personne âgée, il est retrouvé fréquemment au niveau de l'avant-pied, des zones nociceptives et des

diminutions de la sensibilité podale. Ces deux phénomènes apparemment opposés : nociception et agnosie, pourraient tous deux, masquer les informations podales et empêcher un bon fonctionnement du levier podal. Ce masquage des informations podales correspondant en quelques sortes à une disparition virtuelle du levier antérieur podal entraînant comme nos situations expérimentales en demi plateau, une réponse au déséquilibre par une stratégie de hanche (recul du grand trochanter).

- **Evaluation clinique du vieillissement postural**

- **De nombreux tests ont été mis au point pour apprécier les troubles de l'équilibre et de la mobilité, facteurs de risque dans la chute de la personne âgée.** La fiabilité d'un test est évaluée à travers la reproductibilité inter et intra praticien, le test d'antéimpulsion passive interrogeant la stratégie d'équilibration et étant reproductible, peut trouver sa place parmi les tests d'analyse des capacités d'équilibre d'un sujet. Il paraît intéressant de pouvoir appréhender simplement par testing manuel si notre patient a toujours sa " stratégie de jeune " ou bien présente une stratégie de personne âgée : stratégie de hanche, comme Woolacott l'a montré expérimentalement. Nous avons significativement montré qualitativement et quantitativement un recul du grand trochanter en arrière de l'axe des tibio-tarsiennes lors des tests sur demi-plateau par rapport au plateau entier. Ceci a pour conséquence d'amplifier les forces de cisaillement dans le plan horizontal et donc d'augmenter l'instabilité (Woolacott, 1986). Nous pouvons comparer le test d'antéimpulsion passive au Postural Stress test de Wolfson (Wolfson et al 1986) qui observe comme lors du test d'antéimpulsion passive, les réactions posturales générées par un déséquilibre qui dans ce test consiste en une traction postérieure. Dix types de réactions sont scorées, dont certaines où sont observées les mouvements plus ou moins coordonnés des épaules et du bassin.
- **Parmi les autres tests les plus connus,** citons : l'échelle d'équilibre de Berg (Berg et al 1992) comportant 14 items dont l'étude de la station unipodale, le test de Tinetti (1986) comportant 9 items d'évaluation de la marche et 13 d'évaluation de l'équilibre et le functional reach ou épreuve d'atteinte (Duncan et al 1990) . Ce test permet une mesure dynamique de la stabilité lors d'un mouvement volontaire d'inclinaison vers l'avant un bras tendu à l'horizontale. On mesure grâce à une règle fixée au mur à l'horizontale à côté du sujet, la distance maximale qui peut être atteinte. Une distance faible a une valeur prédictive de chute.
- **Lors du test d'antériorisation active,** les examinateurs et les observateurs en observant, le paramètre de distance entre grand trochanter et tête de l'humérus constatent une différence hautement significative entre plateau entier et demi-plateau. Sur demi-plateau, la distance entre grand trochanter et tête de l'humérus augmente. C'est également sur demi plateau qu'on observe un recul du bassin en arrière de la ligne centrale de gravité, représentatif d'une stratégie de hanche. Il serait intéressant d'étudier la corrélation entre les résultats positionnels et la distance du grand trochanter et de la tête de l'humérus obtenus au test d'antériorisation avec le fonctionnel reach de Duncan. La stratégie de Hanche diminue-t-elle la distance maximale atteinte lors de l'inclinaison en avant le bras tendu à l'horizontale ?

- **Conclusion**

- ***La distinction des deux tactiques hanche et cheville décrite par Nashner et Mac Collum (1985) a soulevé un grand intérêt en gériatrie depuis que Woollacott (1986) a montré que les sujets âgés utilisent surtout la stratégie de hanche, qui s'avère être moins performante pour l'équilibre postural que la stratégie de cheville. Leurs***

*oscillations posturales augmentent de façons importantes, aussi bien les yeux fermés qu'ouverts (Sheldon, 1963). D'autre part de nombreuses études, sur les troubles de la marche chez les personnes âgées, concluent que la détérioration des mécanismes de contrôle de l'équilibre, précède les troubles de la marche. Il paraît donc très important pour les cliniciens de posséder un test clinique simple et rapide permettant de discriminer de façon hautement significative les deux stratégies. Le test d'antépuulsion passive semble remplir l'ensemble de ces conditions souhaitées. Il nous faut maintenant poursuivre notre étude effectuée sur une population de sujets sains et jeunes, sur divers types de patients, tels des patients âgés (étude en cours), des patients présentant des déficits neurologiques, diabétiques par exemple ou orthopédiques. L'étroite dépendance entre la stratégie de hanche et les perturbations de la physiologie biomécanique et sensorielle podale mise en évidence ouvre en outre de nouvelles perspectives thérapeutiques en podologie et plus généralement en clinique posturologique. Remerciements à : Bernard Weber et Philippe Villeneuve pour leurs aides précieuses. Arnaud Amory, Emmanuel Baïs, Martine Barrot, Catherine Bladier, Frédéric Bœuf, Pascale Brun-Engler, Rachel Cellier, Marc Janin, Valérie Leblanc, Nicolas Lecoq, Julien Legoupil, Laure Lefrançois, Pierre Louis Magat, David Maria, Carmelo Morreale, Philippe Michaud, Siham Ngov, Béatrice Nouhet, Frédéric Pascouau, Grégory Tarrin, Caroline Vidal, Hilde Vanderbauwhed, Philippe Villeneuve et Frédéric Zèques pour leur participation. **Références***

- 1) **Amblard B, Cremieux J (1976)**. Rôle de l'information visuelle du mouvement dans le maintien de l'équilibre postural chez l'homme. *Agressologie*, 17, C : 25-36
- 1) **André-Deshays C., Revel M. (1988)**. Rôle sensoriel de la plante du pied dans la perception du mouvement et le contrôle postural. *Méd. Chir. du Pied*, 4, 4: 217-223.
- 2) **Allegre B. (1985)**. Gnosies des pieds et troubles de la marche, mémoire cadres de kinésithérapie Montpellier
- 3) **Asai H., Fujiwara K., Toyama H., Yamashina T., Nara I., Tachino K. (1990)**. The influence of foot soles cooling on standing postural control. In Brandt Th., Paulus W., Bles W. *Disorders of posture and gait 1990*. Thieme (Stuttgart): 198-201.
- 4) **Babinski, J. (1899)**. De l'asynergie cérébelleuse. *Rev. Neurol.* 7, 806-816
- 5) **Bernstein, N., (1967)**. The coordination and régulation of movment. in New York, Perganon press
- 6) **Béraud P, Gahery y, Fabre J.C et Deat A (1990)**. Les ajustements posturaux liés aux mouvements volontaires des jambes. Comparaison entre un mouvement de frappe en boxe française et le premier pas de la marche; SERMLO ed Collège de France
- 7) **Berg K.O., Wood-Dauphinee S.L., Williams J.L., Maki B. (1992)**. Measuring balance in the elderly : validation of an instrument. *Can. J. public headline* ; 83 : S711
- 8) **Birren, J.E. (1974)**. Vibratory sensitivity in aged. *J Gerontol* ; 2, 267-268
- 9) **Bles W, De Wit G (1976)**. Study on the effects of optic stimulation on standing. *Agressologie*, 17, C : 1-5
- 10) **Brocklehurst, J.C. Roberston, D. and James-Groom, P. (1982)**. Clinical correlates of sway in old age-sensory modalités. *Age Aging* 11 1-10
- 11) **Day B.L., Steiger M.J., Thompson P.P., Marsen C.D. (1993)**. Effect of vision and stance width on human body motion when standing. Implications for afférent control of latéral sway. *J. Physiol. (London)*, , 469, 479-499
- 12) **Diard J.P., Vitte E. Semont A., Freyss G. (1993)**. Equilibre, instabilité et chutes du sujet vieillissant. *O.N.O.* ; 19/20 : 83-5
- 13) **Dieblod P.F., Daum B.(1992)**. Stratégie thérapeutique dans la pathologie du pied du vieillard Monographie de podologie N° 13 Le pied du vieillard Herisson et Simon, Masson.

- 14) **Duncan P.W., Weiner D.K., Chandler J., Studenski S. (1990).** Functional reach : a new clinical measure of balance. *J. Gérontol.* ; 45 : M192-7
- 15) **Dyck P.J., Karnes J., O'Brien P.C., Zimmermann I.R (1984).** Cutaneous thresholds in man in health and disease In *Neuromuscular disease*, 325-328 Raven Press , New York.
- 16) **Do MC et Roby-Brami A (1991).** The influence of reduced plantar support surface area on the compensatory reactions to forward fall. *Exp Brain Res* 84 : 439-443
- 17) **Eng J.J., Winter D.A. (1993).** Estimations of the horizontal displacement of the total body centre of mass : *Gait & Posture*, 1,141-144
- 18) **Enjalbert M., Garros J.C., Albarghouti S., Pelissier J. (1992).** Sensibilité plantaire et troubles de l'équilibre du sujet âgé. Monographie de podologie N° 13. Le pied du vieillard Herisson et Simon, Masson
- 19) **Foix Ch et Thévenard A (1925).** Réflexes de posture et réflexes d'attitude ; Posture générale, le phénomène de la poussée et la posture locale. *Press Méd.*, 30 Décembre. 1925
- 20) **Gagey P.M., Bizzo G., Debrulle O., Lacroix D. (1985).** The one hertz phenomenon. In Igarashi M., Black O.. *Vestibular and visual control on posture and locomotor equilibrium.* Karger (Basel): 89-92.
- 21) **Gerthoffert J. (1982).** Cartographie du seuil de perception de la pression de la plante des pieds. *Ann. Kinesth.*, 9: 469-474.
- 22) **Gilles M. (2000)** Contribution des informations sensorielles dans la préparation et l'exécution de la flexion volontaire du membre inférieur. Thèse de doctorat en sciences; Université de Paris-Sud Orsay
- 23) **Gurfinkel V.S , Alexeef M., Elnor A (1972).** Stabilométrie. Activité tonique posturale, aspect physiologique et pathologique. *Médecine du sport* 46 (2) : 44-126
- 24) **Gurfinkel V.S. (1973).** Physical foudation of stabilography. *Agressologie*, 14, C, 9-14
- 25) **Helbert et Faugouin (1991).** Etude stabilométrique d'une stimulation plantaire en barre médio-plantaire. *Critique de la Posturologie* N° 44: 3-4. Association Française de Posturologie
- 26) **Horak F.B. et Nashner L.M. (1983).** Two distinct stratégies for stance posture control : Adaptation to altered support-surface configurations. *Society for neurosciences Abstract* 9. GG, TaLMN
- 27) **Horak F.B. et Nashner L.M. (1986).** Central programming of postural mouvements : adaptating to altered support-surface configurations. *J. neurophysiol.* 55 (6), 1369-1381
- 28) **Horak F.B., Nasner L.M., Diener H.C. (1990).** Postural stratégies associated with somato-sensory and vestibular loss. *Exp. Brain Res.*, 82, 167-177.
- 29) **Hunt C.C., (1974).** The pacinian corpuscule . In Hubbard S.J (ed). *The périphéral nervous system*, 13 405-422,, Pergamon Press, London.
- 30) **Iggo A., Muir A.R. (1969).** The structure and function of a slowly adaptating touch corpuscule in hairy skin. *J. Physiol. (London)*, 200: 763-796
- 31) **Kaptejn T S (1972).** Data processing on posturographic curves. *Agressologie*, 13, B : 29-34
- 32) **Kavounoudias A., Roll J.P., Roll R., Gilhodes J.C., Bouquerel A. (1998)** Réponses posturales induites par stimulation vibratoire des afférences cutanées plantaires chez l'homme. In *Pied équilibre et rachis*, Ph Villeneuve, Frison-Roche, Paris
- 33) **Kokmen, E., Bossemeyer, R .W. et Williams (1978).** Quantitative evaluatin of joint motion sensation in aging population. *J Gerontol.* 33, 62-67
- 34) **Lacquanti, F., Le Taillater, M., Lopiano, L. et Maioli, C. (1990).** The control of limb geometry in cat posture. *J. Physiol. London*, 426, 177-192.
- 35) **Lafont C., Costes-Salon M.C. Dupui P., Rollans Y., Busquerre F. , Albarède J-L. (1999).** " Instabilité ", vieillissement de la fonction

d'équilibration et chutes In la chute de la personne âgée Jacquot J.M. Strudel D. Pélissier J. Masson Paris 33-45

- 36) **Lamoulie M. (1980)**. Cartographie de la sensibilité discriminatoire de la plante du pied chez l'adulte sain. *Ann. Kinesth.*, 7: 9-24.
- 37) **Lepork A M, Villeneuve Ph (1996)**. Les épines irritatives d'appui plantaire ; objectivation clinique et stabilométrique. "Pied, équilibre et posture" (Ed Ph Villeneuve) (pp 131-138), Frison-Roche, Paris
- 38) **Lindblom U, (1984)**. Clinical methods of quantitating vibratory, tactile, thermal and pain sensitivity. In *Neuromuscular disease*, 325-328 Raven Press , New York.
- 39) **Magnus R. (1926)**. Some results of studies in the physiology of posture. *Lancet*, 211: 585-588.
- 40) **Magnusson M., Enbom H., Johansson R., Pyykkö I. (1990)**. The importance of somatosensory information from the feet in postural control in man. In Brandt Th., Paulus W., Bles W.. *Disorders of posture and gait 1990*. Thieme (Stuttgart): 190-193.
- 41) **Nashner L.M. (1977)**. Fixed patterns of rapid postural responses among leg muscles during stance. *Experimental Brain Research* 26 :59-72 tarLMN, BWP
- 42) **Nashner, LM. et Mc Collum, G. (1985)**. The organisation of human postural movements: a formal basis and expérimental synthesis. *Behav . Brain Sci.*, 8 , 135-172.
- 43) **Nouhet B, Villeneuve Ph (1997)**. La comparaison des enregistrements stabilométriques en station sur appui dur et mousse est-elle utilisable en pratique clinique ? "Posture et environnement" (Eds M Lacour, P-M Gagey, B Weber) (pp193-199), Sauramps médical, Montpellier
- 44) **Okada M (1970)**. Electromyographic assessment of the muscular load in forward bending posture. *J. Faculty of science, University of tokyo, III (5)*, 311-336
- 45) **Okubo J., Watanabe I., Baron J.B. (1980)**. Study on influences of the plantar mechanoreceptors on body sway. *Agressologie*, 21, D: 61-70.
- 46) **Piera J.P., Vassel P, (1992)**. Perturbations de la marche dues aux affections podologiques orthopédiques chez les personnes âgées Monographie de podologie N° 13 Le pied du vieillard Herisson et Simon, Masson.
- 47) **Potvin A.R., Syndulko K., Tourtelotte W.W., Lemmon J.A., Potvin J.H. (1980)**. Human neurologic function and aging proces. *J Am. Geriatr. Soc.*, 28 1-9.
- 48) **Rademaker G.G.J. (1935)** Réactions labyrinthiques et équilibre. Paris : Masson
- 49) **Rabinowitz M. (1982)** La marche : une importance cognitive et sensorielle fondamentale. *Actualité en Gérontologie*, 8, 30, 15-20
- 50) **Roll R., Kavounoudias A., Roll J.P., (2000)** Contribution additive des afférences cutanées plantaires et proprioceptives musculaires au maintien de la posture érigée humaine. In *Pied équilibre et mouvement*, Ph Villeneuve, Masson, Paris
- 51) **Romberg, M. H. (1853)**. *Manual of nervous diseases of man*. Loodon, Sydeham society, 395-401
- 52) **Sheldon, J.H. (1963)**. The effect of age on the control of sway. *Gérontol. Clin.* 5, 129-138
- 53) **Skinner, H. B., Barrack, R.L. and Cook, S.D. (1984)**. Age related declines in propiropetion ; *Clin. Othop. Rel Res.* 208-211
- 54) **Schiano A., Marchetti S., Bardot P., Sambuc R., Bardot A., Serratrice G. (1988)**. L'évolution de la sensibilité avec l'âge : étude par des tests cliniques quantitatfs . *Ann. Réadapt. Méd. Phys.*, 31, 309-318.
- 55) **Thomas A. (1940)**. *Équilibre et équilibration*. Masson 366 pages
- 56) **Tinetti M.E. (1986)**. Fall risk index for eldorado patients based on number of chronique disabilities. *Am. J. Med.* 80 : 429-434

- 57) **Toupet M, Gagey P.M, Heuschen S. (1992)** Vestibular patients and aging subjects lose use of visual input and expended more energy in static postural control. "Falls, balance and gait disorders in elderly" (Eds B vellas M Toupet, L rubinstein, J.L Albarède & Y Christian) Elsevier, Paris ; 183-198
 - 58) **Vierordt K (1877)**. Physiologie des Menschen Tübingen,
 - 59) **Villeneuve-Parpay S, Nouhet B, Villeneuve Ph, Weber, B (1999)**. Modifications de critères stabilométriques par deux types de mousses. Entretiens de Bichat/Podologie (pp) Expansion scientifique française, Paris
 - 60) **Villeneuve-Parpay S, Villeneuve Ph, Weber, B (soumis)**. Mise en évidence clinique de la stabilisation posturale en fonction de l'appui plantaire.. Journées Montpellieraines de Podologie Ed Hérisson et Aboukrat Sauramps Médical
 - 61) **Vitte E., Feyss G., Semont A. (1993)**. L'exploration simultanée des fonctions vestibulaires, proprioceptives et visuelles par l'Equitest chez le sujet âgé. Revue de gériatrie ; 18 : 67-71
 - 62) **Weber B, Nouhet B, Baudin B, Villeneuve-Parpay S, Villeneuve Ph (1998)** L'épaisseur d'une mousse dure entre sole plantaire et plate-forme modifie-t-elle certains critères du stabilogramme ? "Pied équilibre et rachis" (Ed Ph Villeneuve), (pp 191-1999), Frison-Roche, Paris
 - 63) **Weber B, Villeneuve-Parpay S, Nouhet B, Villeneuve Ph (2000)** -Différences de réponses stabilométriques à l'interposition de deux mousses : influence de la présence ou l'absence de douleur à la palpation plantaire. 6e Journées internationales de l'Association Posture et équilibre, Paris, décembre 1999. Soumis à publication
 - 64) **Wergner G., Mountcastle V.B. (1965)**. Neural activity in mechanoreceptive cutaneous afferents; stimulus response relations, Weber functions and information transmission. J. Physiol. (London), 28: 359-397.
 - 65) **Whanger, A.D. and Wang, H.S. (1974)**. Clinical corrélates of vibratory sense in elderly psychiatric patients. J. Gerontol. 29, 39-45
 - 66) **Winter D.A., Prince F., Paztla A. (1997)**. Validity of the invertum pendulum model of balance in quiet standing. Gait and posture, 5 : 153-154
 - 67) **Wolfson L. I., Whipple P.T., Amerman P., Kleinberg A. (1986)**. Stressing the postural response. A quantitative méthode for testing balance. JAGS ; 34 : 845-50
 - 68) **Woolacott M.H. (1986)**. Gait and postural control in the aging adult, in : Disorders of posture and gait. Bles W., Brandt Th., Elsevier, Amsterdam, 325-336
 - 69) **Musée international de la chaussure Romans, (1992)** Ed Association des amis du musée international de la chaussure
- 70) **Rapport d'un groupe de travail OMS avec la collaboration du Centre Internationale de Gérontologie Sociale, 1983**,. Aspects médico-sociaux des accidents chez les personnes âgées. ED. CIGS