

Le soulier est un outil qui transforme l'organe qui le porte et par la même, transforme en même temps tout l'être.

J.P. Roux

Le port de chaussures modifie-t-il l'équilibre postural ?

Pascal Spitz & Philippe Villeneuve

Le port de la chaussure est un phénomène relativement récent par rapport à l'évolution humaine, notamment le port de talon. C'est un truisme de dire qu'il implique l'ensemble des populations des pays industrialisés et une large part des habitants des autres pays. Pourtant les répercussions de l'effet potentiel des chaussures sur l'équilibre postural et la santé de leurs propriétaires sont mal connues. Certains auteurs ont étudié les répercussions posturales de certaines chaussures particulières, comme les chaussures de sécurité (Gagey P.M, 93) ou les chaussures à talon haut (Snow R E, Williams K., 94). D'autres ont constaté que dans certaines populations, soit féminines (Barouk L.S., 86 et 87 ; Lord SR & Baschford G.M., 96) soit de sportifs (Robins S. 98 ; Villeneuve P., 2000) les chaussures pouvaient générer certaines pathologies.

Notre objectif a été de voir dans une population adulte mixte venant consulter, dans un cabinet de podologie, essentiellement pour des algies de l'axe corporel, si le port des chaussures usuelles modifie l'équilibre postural. Ce dernier est objectivé par une plate-forme de force. Si les chaussures modifient bien l'équilibre, il faudra alors dans un second temps en envisager les conséquences sur la santé de nos patients et en tirer les conclusions thérapeutiques qui conviennent.

Le port de chaussure

D'après les préhistoriens, notamment l'abbé Breuil, des hommes de la fin du paléolithique (-20000 à -10 000 ans) avaient pour habitude d'entourer leurs pieds de peau de bête. Grâce à la datation au carbone 14, des sandales trouvées en Orégon ont été estimées à 9053 ans avant Jésus Christ, à 350 ans près (Ducrocq A 1955). On retrouve la chaussure citée dans le livre de l'exode (13 siècles av J.C.), et dans le Deutéronome (7 siècles av J.C.). Dans l'Iliade (environ 9 siècles av J.C.), Homère parle de héros portant des bottes à semelles d'airain. L'art figuratif nous la fait connaître tant en Egypte pharaonique que chez les Assyriens ou les Hittites, mais également en Inde et en Extrême-Orient (Roux J.P. , 1999). Par contre le talon de la chaussure est beaucoup plus récent, il apparaît au XVIe siècle. C'est pour Galmiche "une prothèse qu'on applique curieusement à un pied normal qui n'en a nul besoin" (Galmiche P 1991). Bien avant lui, Laforest, chirurgien du roi Louis XVI écrivait " La chaussure à talon haut est une chaussure trop courte". La chaussure, notamment celle à talon haut se trouverait alors responsable de douleur au niveau de l'avant-pied en surchargeant l'avant du pied et de lombalgie en antériorisant la personne. Ce dernier point est contesté par Kirsch et Guillaume (Kirsch et Al. 1996).

Notre recherche se propose de mettre en évidence si le port de chaussure à talon entraîne une modification de l'équilibre postural, objectivé stabilométriquement.

Population

Nous avons enregistré des patients venant consulter dans un cabinet de podologie pour des troubles fonctionnels de l'appareil locomoteur. Nous avons d'une part exclu les patients présentant des pathologies orthopédiques, neurologiques, ORL, etc ... et d'autre part nous avons sélectionné les patients entre 20 et 50 ans pour exclure, les erreurs liées à la maturation (Dujol A & Marucchi C 1994) chez les plus jeunes et celles liées à la dégradation des performances posturales chez les plus âgés (Toupet M, Gagey P.M 1992). Notre population comprend 30 sujets, dont 21 femmes. La moyenne d'âge de la population est de 45 ans.

Matériel

La plate-forme

La posturographie statique (Gagey P.M. et al, 90) fait appel à une plate-forme de force à trois jauges de contrainte. La position du centre de poussée podale est analysée 5 fois par seconde et un certain nombre de paramètres caractéristiques de l'équilibre sont calculés. Pour cette étude, nous avons utilisé les paramètres suivants :

1. la position moyenne, selon l'axe frontal (X_m)
2. la position moyenne, selon l'axe antéro-postérieur (Y_m)
3. la surface de l'ellipse de confiance à 90 % (S)

Probabilités

Pour l'analyse individuelle, nous avons utilisé les tableaux fournis par les normes 85 de l'Association Française de Posturologie (Voir annexe 1, 2, 3). Ces derniers ont mesuré la répétabilité de deux enregistrements successifs en situation identique, yeux fermés à intervalle variant de une à trois minutes, après descente de la plate-forme et repositionnement des pieds. Pour l'analyse de l'ensemble de la population, nous utilisons le test de Student apparié (Voir annexe 4).

Protocole

Les patients ont été enregistrés tout d'abord les pieds nus, selon les normes de l'association Française de Posturologie, avec les yeux ouverts deux fois et une fois les yeux fermés. Le premier enregistrement, les yeux ouverts a été rejeté. Dans un second temps, les patients après être descendus de la plate-forme ont été enregistrés avec leurs chaussures, yeux ouverts puis yeux fermés. Les chaussures comportaient toutes des talons plus ou moins hauts, les hauteurs des talons étaient variées.

Résultats (voir annexe feuille calculée 1)

Surface

Analyse par individu

L'analyse individuelle montre pour certain, une augmentation de la surface chaussée (voir tableau N°1, ci-dessous)

- en situation yeux ouverts, légèrement significative ($P < 0,3$) chez 2 individus et significative (0,01) chez un individu.
- en situation yeux fermés, légèrement significative ($P < 0,3$) chez 2 individus

L'analyse individuelle montre pour d'autres, une diminution de la surface chaussée (voir tableau N°1, ci-dessous)

- en situation yeux ouverts, légèrement significative à $P < 0,3$ chez 6 individus et à $P < 0,1$ pour 1 individu ; significative à $P < 0,02$ pour un individu et à $P < 0,01$ chez 2 individus ;

- en situation yeux fermés, légèrement significative, $P < 0,3$, chez 4 individus et à $P < 0,1$ pour 4 individus ; significative à $P < 0,01$ chez 1 individu.

Tableau N° 1 Variations significatives des surfaces, observées au cours de deux enregistrements successifs avec et sans chaussures, en situation yeux ouverts (YO) et fermés (YF)				
P	Augmentation des surfaces		Diminution des surfaces	
	YO	YF	YO	YF
0,3	2	2	6	4
0,1			1	4
0,02			1	
0,01	1		2	1

Pour la totalité de la population

La distribution des surfaces montre une diminution non significative des surfaces chaussées en situation yeux ouverts, la surface passe de 246 mm² à 199,6 mm². En situation yeux fermés la surface, diminue également, de façon non significative en passant de 382 mm² à 305 mm² avec chaussures (voir tableau N° 2, ci-dessous et les graphes N°1 et 2, en annexe).

Tableau N° 2 Variations des surfaces en fonction du port ou non de chaussures, en situation yeux ouverts ou fermés				
Situation	Yeux ouverts		Yeux fermés	
	Pieds nus	Chaussés	Pieds nus	Chaussés
Surface en mm ²	246,1	199,6	382,1	305,6
Ecart-type	145,9	123,6	242,6	306,8
t de Student N = 30	1,316		1,25	
P	N.S		N.S	

Position en X

Analyse par individu

L'analyse individuelle montre une variation de la position latérale chaussée (voir tableau N°3, ci-dessous)

- en situation yeux ouverts, légèrement significative à $P < 0,3$ chez 9 ; significative à $P < 0,05$ pour 2 individus.

en situation yeux fermés, légèrement significative, $P < 0,3$, chez 7 individus ; significative à $P < 0,05$ pour 2 individus et hautement significative à $P < 0,001$ chez 1 individu.

Nous avons cherché à voir si les personnes, chez lesquelles on trouvait une variation significative, avaient tendance à se rapprocher ou s'éloigner de l'axe médian. En situation yeux ouverts 6 se rapprochent et 5 s'éloignent ; en situation yeux fermés 7 se rapprochent et 6 s'éloignent.

Tableau N° 3 Variations significatives de la position latérale (X), observées au cours de deux enregistrements successifs avec et sans chaussure, en situation yeux ouverts (YO) et fermés (YF)		
P<	X YO	X YF
0,3	9	7
0,05	2	5
0,001		1

Pour la totalité de la population

Les variations de la position latérale moyenne (Xm), en fonction du port ou non de chaussure, en situation yeux ouverts ou fermés ne sont pas significatives (voir tableau N° 4, ci-dessous et les graphes N°3 et 4 en annexe).

situation	Yeux ouverts		Yeux fermés	
	Pieds nus	Chaussées	Pieds nus	Chaussées
Xm en mm	2,2	1,1	0	1,4
Ecart-type	5,6	5,5	8	6
T de Student N = 30	0,82		0,19	
	N.S		N.S	

Position en Y

Analyse par individu

L'analyse individuelle montre une antériorisation massive du centre de pression chaussée (voir tableau N°5, ci-dessous). En effet pratiquement l'ensemble de la cohorte avance, chaussé, que soit en situation yeux ouverts ou fermés. Seuls quatre individus échappent à la règle. Deux montrent une absence de mouvement, un en situation yeux ouverts et un différent en situations yeux fermés. Deux autres montrent un recul non significatif, un en situation yeux ouverts et l'autre en situations yeux fermés.

- en situation yeux ouverts, on trouve une antériorisation, légèrement significative à $P < 0,3$ chez 10 sujets ; significative à $P < 0,05$ pour 7 sujets et hautement significative $P < 0,001$ chez 5 sujets.

- en situation yeux fermés, on trouve une antériorisation, légèrement significative à $P < 0,3$ chez 7 sujets ; significative à $P < 0,05$ pour 15 sujets et hautement significative $P < 0,001$ chez un sujet.

P<	Y YO	Y YF
0,3	10	7
0,05	7	15
0,001	5	1

Pour la totalité de la population

La position antéro-postérieure moyenne (Ym), en fonction du port ou non de chaussures, passe avec chaussures, en situation yeux ouverts de -40,8 mm à -25,5 mm, soit une antériorisation de 15,3 mm et en situation yeux fermés de -38,4 mm à -24,8 mm, soit une antériorisation de 13,6 mm. Ces deux résultats sont hautement significatifs ($P < 0,001$) (voir tableau N° 6 ci-dessous et graphes 5 et 6 en annexe).

situation	Yeux ouverts		Yeux fermés	
	Pieds nus	Chaussées	Pieds nus	Chaussées
Ym en mm	-40,8	-25,5	-38,4	-24,8
Ecart-type	13,7	15,4	12,6	15
T de Student N = 30	3,945		4,336	
P	0,001		0,001	

Discussion

Avant d'engager une discussion sur l'effet postural de la chaussure et les éventuelles conséquences sur la genèse de certaines pathologies, il convient d'éliminer les biais potentiels.

Les biais méthodologiques

En rapport, avec la chaussure

Le biais le plus important peut venir de la chaussure elle-même. En effet, la chaussure entraîne une modification tridimensionnelle du pied, variation en hauteur, en longueur et en largeur.

Premier point, la longueur de la chaussure étant supérieure, à celle du pied, cela provoque un accroissement du polygone de sustentation dans son sens antéro-postérieur, qui peut avoir pour effet d'antérioriser la ligne de charge et d'améliorer la stabilisation. Il n'en est rien, car la plupart des chaussures ne présentent pas un contact d'appui avec le sol constant. La chaussure repose sur sa partie postérieure, le talon et sur la partie postérieure de l'avant-pied, la partie antérieure de l'avant-pied constituant, le relevé du bout (Savin, 1999), n'est pas en contact avec le sol. En définitive la surface d'appui de la chaussure est inférieure à celle d'un pied physiologique.

Second point, certaines chaussures (surtout masculines) présentent, un débordant de la semelle qui peut être d'environ 5 mm et toutes les chaussures présentent au niveau postérieur de la tige une légère surépaisseur de 1 à 2 mm qui en augmentant la longueur de la chaussure par rapport au pied repousse d'autant la ligne de gravité vers l'avant. Ces biais existent, mais ne remettent pas en question, les résultats obtenus sur l'axe antéro-postérieur. Comme nous l'avons vu précédemment, le débordant se rencontre surtout dans certaines chaussures masculines et les hommes représentent moins d'un tiers de notre population. Il serait intéressant pour lever complètement ce biais, lors d'une prochaine étude, d'éliminer ce type de chaussures masculines. Pour l'antériorisation consécutive à la légère surépaisseur de 1 à 2 mm de la tige, il apparaît que cette antériorisation est négligeable par rapport aux 15,3 mm yeux ouverts et aux 13,6 mm yeux fermés trouvés lors de l'étude.

En rapport, avec la méthodologie

Un tirage au sort du passage chaussé ou pieds nus aurait certainement été préférable, mais aurait alourdi le protocole.

Effet postural, de la chaussure

Effet postural, antéro-postérieur

Notre étude montre, que la chaussure entraîne la projection en avant du centre de poussée podale. Ces résultats sont hautement significatifs ($P < 0,001$).

Gagey, en 83, (Gagey P.M., Amphoux M., 1983) lors d'une étude sur les chaussures de sécurité et l'équilibre ne trouvait pas de variation significative de la position antéro-postérieure, chez 93 hommes enregistrés sur plate-forme de force, pieds nus puis avec des chaussures de sécurité. La différence entre les deux études pourrait provenir de la différence

du type de chaussure. Les chaussures de sécurité sont à tige rigide et montante ce qui limite les mouvements antéro-postérieurs, de plus les chaussures de sécurité présentent de petits talons comparées aux chaussures féminines. Le critère sexuel est également à prendre en compte, puisqu'il existe une différence significative ($P < 0,01$) entre le groupe d'homme et de femmes. La position moyenne du centre de pression podale est antérieure de 8 mm, chez les femmes.

Une autre étude (Kirsch J.M. et Al, 1996) montre un recul moyen de la ligne de charge de 4 % de la longueur du pied. Cette recherche a été faite avec un podomètre électronique sur 115 individus dont seulement 36 femmes enregistrées nus pieds puis nus pieds sur uniquement un support de 4 cm représentant un talon. L'instrument de mesure utilisé (podomètre électronique) ne présente pas la même précision qu'une plate-forme stabilométrique et donne des résultats qui ne sont pas forcément superposables avec la plate-forme de stabilométrie (Faugouin A, 1997). De plus on retrouve comme précédemment une population à grande majorité masculine, (voir plus haut), enfin dans le protocole cité par Kirsch, la chaussure n'existait pas il n'y avait qu'une surélévation du talon, difficile de comparer les deux résultats. Une étude portant spécifiquement sur les effets des chaussures à talons hauts (Snow R E, Williams K R, 1994) enregistra, entre autres les forces de réactions du sol, chez des femmes portant des chaussures à talons de différentes hauteurs (1,91 ; 3,81 7,62 cm). Les trois différentes hauteurs de talons ont été portées par chacune des 11 femmes participant à l'expérimentation. Les forces verticales appliquées sur l'avant-pied en posture érigée, augmentent avec l'élévation de la hauteur des talons ce qui est cohérent avec notre recherche.

Effet postural latéral

Pour l'ensemble de la population, nous ne trouvons pas de variation significative sur la position gauche-droite, mais un certain nombre de variations individuelles significatives (11 les yeux ouverts et 13 les yeux fermés). Gagey quant à lui trouve une variation hautement significative ($P < 0,001$) de la position en x, dans un sens de recentrage. On peut comme précédemment, envisager les caractéristiques différentes propres aux chaussures de sécurité (voir au-dessus) par contre la différence sexuelle n'existe pas entre hommes et femmes sur le paramètre des oscillations latérales (Normes 85). Néanmoins, il faut noter que les conflits avant-pied-chaussure sont beaucoup plus présents chez la femme (95 %) que chez l'homme (5 %) (Barouk L.S., 1987). Ils se retrouvent chez une femme sur trois (Barouk L.S., 1986) et augmentent avec l'âge pour culminer à 60% de la population féminine, vers 60 ans. Une hypothèse serait que notre population essentiellement féminine soit plus susceptible à des conflits pied-chaussure qui pourraient en retour entraîner une position antalgique. Ceci semble cohérent avec l'analyse individuelle qui montre qu'yeux ouverts et yeux fermés environ la moitié de la population se rapproche de l'axe central et une moitié s'en éloigne.

Effet de stabilisation

Pour l'ensemble de la population et aussi bien yeux ouverts que fermés nous trouvons une diminution moyenne des surfaces, mais celles-ci sont non significatives. Par contre il existe un certain nombre de variations individuelles significatives (13 les yeux ouverts et 11 les yeux fermés). Si l'on globalise les résultats significatifs, yeux ouverts et yeux fermés, on constate que 5 résultats vont vers un plus grand déséquilibre alors que 15 vont vers une amélioration de la précision de leur système d'équilibration. Il est possible que comme pour le plan frontal, une part de la population qui ne présente pas de conflit pied-chaussure se trouve améliorée au niveau stabilité, avec une surface qui baisse. Ceci serait cohérent avec le travail de Gagey, qui a montré dans sa population exclusivement masculine et portant des chaussures de sécurité, donc spacieuses une diminution des surfaces hautement significatives ($P < 0,001$). L'autre part de la population pourrait présenter des zones nociceptives podales qui nous l'avons vu sont plus fréquentes chez les femmes et augmentent avec l'âge (Barouk L.S., 1987). Chez la femme âgée

l'équilibre est significativement perturbé par le port de talon haut (Lord S.R, Bashford G.M, 1996). S'il est évident que le talon diminue le polygone de sustentation et par là même fragilise bio-mécaniquement l'équilibre, il est possible qu'il existe une cause sensorielle en rapport avec des zones nociceptives podales ; ceci ayant déjà été rapporté par différents auteurs notamment au niveau plantaire (Gagey P.M.,95 ; Nouhet B. et Villeneuve P., 96 ; Villeneuve P 96).

Effet pathogénique de la chaussure

Il est évident que la chaussure peut potentialiser ou révéler des pathologies en rapport avec le frottement épidermique sur la chaussure. Nous nous intéresserons d'avantage à développer l'effet postural de la chaussure. Si l'on peut admettre que chez l'homme debout, immobile le centre de pression podale est le reflet de la ligne de gravité, alors nous pourrions envisager les pathologies tant au niveau podal, qu'au niveau rachidien occasionnée par l'avancée de la ligne de gravité, montrée dans cette étude.

Centre de pression et centre de gravité en posture debout immobile

Dès 1973, Gurfinkel a fourni une étude théorique qui montrait, que à la fréquence fondamentale normale des oscillations posturales, l'erreur relative entre centre de pression et centre de gravité est très faible si les sujets sont en stratégies de cheville; plus près de nous des enregistrements simultanés sur plate-forme de forces et par procédés optiques de sujets normaux immobiles montrent que les fluctuations du centre de pression sont tout à fait comparable aux fluctuations de marqueurs placés près du centre de gravité (Day et al., 1993 ; Eng et Winter, 1993). On peut donc admettre qu'en posture debout "immobile", la position du centre de pression podale donné par la plate-forme de stabilométrie soit un bon indice de la position du centre de gravité.

Ligne de gravité antérieure et podalgies

Lorsque la ligne de gravité est antérieure à l'axe des mouvements (tibio-tarsienne), alors l'activité des muscles extenseurs du pied, notamment le soléaire, développe une force compensatrice, qui est d'autant plus intense que la distance orthogonale de l'axe de la cheville à la ligne de gravité est plus grande (Hicks 1961). Ces hypersollicitations des soléaires peuvent expliquer les pathologies de l'arrière-pied à type de tendinite d'achille, ou d'aponéosite plantaire. D'un autre côté, nous savons que le pied sous la charge corporelle a tendance à se positionner en pronation (Kapandji., 1977). Cette pronation est d'autant plus importante que l'antériorisation de la ligne de gravité est plus importante (Villeneuve.,1992). Cette hyperpronation va potentialiser les contraintes au niveau du premier rayon qui va se déformer (hallus valgus), ceci entraînera une insuffisance d'appui du premier rayon et tous son cortège de pathologies bien connus des podologues (griffes d'orteils, métatarsalgies, luxations des orteils etc ...).

Ligne de gravité antérieure et rachialgies

L'antériorisation de la ligne de gravité est certainement un des phénomènes qui explicite le mieux les pathologies de contraintes fonctionnelles du rachis. En effet, il a été montré que l'activité électromyographique des muscles extenseurs du rachis (érector spinae) augmentait si l'on passait d'une position debout à une position légèrement inclinée vers l'avant (Okada., 1972). D'autre part, l'école suédoise a montré que l'amplitude de l'EMG des muscles extenseurs du rachis et la pression intradiscale augmente de façon linéaire. On peut donc supposer que les chaussures en projetant les patients vers l'avant vont favoriser les contraintes tant musculaires que discales et ont leurs parts de responsabilités dans l'étiologie des rachialgies.

Conclusion

Cette étude montre de manière très significative ($p < 0,001$) que le port de chaussures entraîne une antériorisation du centre de pression podal. Ce dernier dans nos conditions expérimentales peut être considéré comme le reflet du centre de gravité. Le port de chaussure antériorise la ligne de gravité. Ceci permet d'envisager l'hypothèse d'un rôle de la chaussure dans les pathologies de contraintes tant au niveau podal que rachidien.

Bibliographie

1. Andersson G.B.J. Örtengren R., Nachemson - Intradiscal pressure, intra abdominal pressure and myoelectric back muscle activity related to posture and loading. Clin. Orthop. Rel.Res. 129, 156-164.
2. Barouk L.S., Le premier orteil égyptien : sa responsabilité dans les troubles de l'avant-pied. Son traitement. Podologie 86 Expansion Scientifique Française 1986, 99-10
3. Barouk L.S.; - Les conflits avant-pied-chaussure féminine. Analyse solution. Podologie 87 Expansion Scientifique Française 1987, 166-179
4. Day B.L., Steiger M.J., Thompson P.P., Marsen C.D. - Effect of vision and stance width on human body motion when standing. Implications for afferent control of lateral sway. J. Physiol. (London), 1993, 469, 479-499
5. Ducrocq A. - L'atome indique l'âge d'une sandale : 9053 ans. Historia. N 101, avril 1955
6. Dujol A & Marucchi - Examen postural de l'enfant avant six ans. ONO 1994, 29 : 23-26
7. Eng J.J., Winter D.A. - Estimations of the horizontal displacement of the total body centre of mass : Gait & Posture, 1993, 1, 141-144
8. Faugouin A., - Comparaison des résultats obtenus par l'emploi simultané d'un foot-scan et d'une plate-forme de stabilométrie. In Posture et mouvement, M Lacour P.M. Gagey, B Weber ed Sauramps médical 1997 187-192
9. Gagey P.M., Amphoux M. - Chaussures de sécurité et équilibre. Revue de médecine du travail, tome XI, N°2, 1983, 89-95
10. Gagey P.M., Bizzo G, Bonnier L., Gentaz R., Guillaume P., Marucchi C., Villeneuve P. - Huit leçons de posturologie, Association Française de Posturologie, 4, Avenue de Corbéra, 75012 Paris 1990
11. Gagey P.M., Weber B. - Posturologie. Régulation et dérèglement de la station debout. Masson 1995
12. Galmiche P. - la mort du talon. In le pied à travers l'histoire. J Claustre 1991 Masson 179-181
13. Hicks J.H. - The three weight-bearing mechanisms of the foot. In G. Evans ed: Biomechanical studies of the musculo-skeletal system. C.C. Thomas, Springfield, 1961, 161-191
14. Kapandji I.A. - Physiologie articulaire. Maloine Fascicule 2 1977
15. Kirsch J.M., Guillaume G. & Monthéard P. - Pourquoi les femmes portent-elles des talons ? Quelles en sont les conséquences ? In Pied équilibre et posture Ph Villeneuve Frison-Roche 1996 147-150
16. Lord S.R, Bashford G.M, Shoe characteristics and balance in older women. J Am geriatr Soc 1996 Apr ; 44(4) : 429-33
17. Norme 85 Association Française de Posturologie, 4, Avenue de Corbéra, 75012 Paris 1985
18. Nouhet B., Villeneuve P., - La comparaison des enregistrements stabilométriques sur sol dur et sur mousse est-elle utilisable en pratique clinique ? In Pied équilibre et posture Ph Villeneuve Frison-Roche 1996 91-98
19. Okada M - Electromyographic assessment of the muscular load in forward bending posture. J. Faculty of science, University of Tokyo 1970, III (5), 311-336
20. Robbins S. - L'étude qui fait peur aux géants. Sport et vie N° 46, 1998
21. Roux J.P. - Chaussure. Encycl Méd Chir (Elsevier, Paris) podologie, 27-140-A-40, 1999, 5p
22. Savin j. - Aspects techniques de la chaussure Encycl Méd Chir (Elsevier, Paris) podologie, 27-140-A-45, 1999, 7p
23. Snow R E, Williams K - High heeled shoes : their effect on center of mass position, postural three-dimensional kinematics, rearfoot motion, and ground reaction forces, Arch Phys Med Rehabil 1994 May ; 75(5) :568-76
24. Toupet M, Gagey P.M, Heuschen S. - Vestibular patients and aging subjects lose use of visual input and expended more energy in static postural control. "Falls, balance and gait disorders in

eldery" (Eds B vellas M Toupet, L rubinstein, J.L Albarède & Y Christian) Elsevier, Paris 1992 ; 183-198

25. Villeneuve Ph -La semelle orthopédique dans les instabilités de cheville. Sofpod 1992

26. Villeneuve P. - Les traitements posturopodiques. In Pied équilibre et posture Ph Villeneuve Frison-Roche 1996 175-188

27. Villeneuve P - Lache -moi les baskets ! Sport et vie Hors série N 12, Chapitre 3 ; Ed Faton 2000 30-34

Annexe 1 (Normes 85)

Surface de l'ellipse de confiance à 90%

Tableau des limites de variations aléatoires du quotient des surfaces observées au cours de deux enregistrements successifs selon leur probabilité.

Probabilité	Quotient Sg/Sp	
	Yeux ouverts	Yeux fermés
Strictement aléatoire	1,33	1,37
P < 0,30	1,55	1,62
P < 0,10	2,00	2,15
P < 0,05	2,29	2,49
P < 0,02	2,68	2,96
P < 0,01	2,98	3,33
P < 0,001	4,00	4,65

Sg : Valeur de la surface la plus grande

Sp : Valeur de la surface la plus petite

Annexe 2 (Norme 85)

X moyen		
Probabilité	Yeux ouverts	Yeux fermés
Strictement aléatoire	< 3 mm	< 3 mm
P < 0,30	4,3 mm	4,4 mm
P < 0,05	8,0 mm	8,6 mm
P < 0,001	14 mm	14,5 mm

Tableau des probabilités pour que les différences observées sur la variable "X moyen" entre deux enregistrements successifs à bref intervalle soient dues au hasard.

Annexe 3 (Norme 85)

Y moyen		
Probabilité	Yeux ouverts	Yeux fermés
Strictement aléatoire	< 5,6 mm	< 4,8 mm
P < 0,30	8,4 mm	7,2 mm
P < 0,05	16,0 mm	14 mm
P < 0,001	27,0 mm	23,7 mm

Tableau des probabilités pour que les différences observées sur la variable "Y moyen" entre deux enregistrements successifs à bref intervalle soient dues au hasard.

Annexe 4

	t de Student				
	α				
v	0,1	0,05	0,02	0,01	0,001
1	6,31	12,71	31,82	63,66	636,62
2	2,92	4,3	6,96	9,92	31,6
3	2,35	3,18	4,54	5,84	12,94
4	2,13	2,78	3,75	4,6	8,61
5	2,02	2,57	3,36	4,03	6,86
6	1,94	2,45	3,14	3,71	5,96
7	1,9	2,36	3	3,5	5,41
8	1,86	2,31	2,9	3,36	5,04
9	1,83	2,26	2,82	3,25	4,78
10	1,81	2,23	2,76	3,17	4,59
11	1,8	2,2	2,72	3,11	4,44
12	1,78	2,18	2,68	3,06	4,32
13	1,77	2,16	2,65	3,01	4,22
14	1,76	2,14	2,62	2,98	4,14
15	1,75	2,13	2,6	2,95	4,07
16	1,75	2,12	2,58	2,92	4,02
17	1,74	2,11	2,57	2,9	3,97
18	1,73	2,1	2,55	2,88	3,92
19	1,73	2,09	2,54	2,86	3,88
20	1,72	2,09	2,53	2,84	3,85
21	1,72	2,08	2,52	2,83	3,82
22	1,72	2,07	2,51	2,82	3,79
23	1,71	2,07	2,5	2,81	3,77
24	1,71	2,06	2,49	2,8	3,75
25	1,71	2,06	2,48	2,79	3,73
26	1,71	2,06	2,48	2,78	3,71
27	1,7	2,05	2,47	2,77	3,69
28	1,7	2,05	2,47	2,76	3,67
29	1,7	2,04	2,46	2,76	3,66
30	1,7	2,04	2,46	2,75	3,65
40	1,68	2,02	2,42	2,71	3,55
60	1,67	2	2,39	2,66	3,46
>	1,64	1,96	2,33	2,58	3,29

**Travail d'étude et de recherche en vue d'obtenir le
Diplôme Universitaire :
Physiologie de la Posture et du Mouvement
1999/2000**

**Le port de chaussures modifie-t-il
l'équilibre postural**

Pascal Spitz & Philippe Villeneuve

Université Paris-Sud XI