

Etude de la Morphologie du Pied Tunisien

Noha KRICHENE BEN RHOUMA* et Mohamed Salim BOUHLEL*

**UR: Sciences et Technologies de l'image et des télécommunications, ISBS - Tunisie*

nohakrichene@yahoo.fr

medsalim.bouhlel@enis.rnu.tn

RESUME: Le chaussant est l'un des paramètres caractérisant la notion de confort en chaussure. Pourtant, il n'existe aucun système à l'heure actuelle, permettant sa validation sur le produit fini. Ce papier présente l'étude de la morphologie du pied et l'analyse du chaussant qui seront réalisées à travers les formes et les modèles de chaussures concernés.

MOTS CLE : Morphologie, Pied, Chaussure, Statistique, Femme, Enfant

1. Introduction Générale

Au cours des dernières années, le marché de la chaussure a considérablement évolué. Progressivement, les industriels ont dû s'adapter à des nouvelles demandes clients : le nombre de produit mis sur le marché a considérablement augmenté, les exigences en terme de confort sont de plus en plus fortes, la durée de vie des produits de plus en plus courte, le cycle de 2 collections par an qui cadencait le travail des bureaux d'études a été remplacé par des collections trimestrielles voir permanentes pour certains types de produits.

Au cours des dernières années, le marché de la chaussure a considérablement évolué. Progressivement, les industriels ont dû s'adapter à des nouvelles demandes clients : le nombre de produit mis sur le marché a considérablement augmenté, les exigences en terme de confort sont de plus en plus fortes, la durée de vie des produits de plus en plus courte, le cycle de 2 collections par an qui cadencait le travail des bureaux d'études a été remplacé par des collections trimestrielles voir permanentes pour certains types de produits.

Dans ce contexte, les industriels tunisiens doivent être en mesure de proposer à leurs clients des produits sans cesse renouvelés et capables de chausser la majorité de la cible concernée. Concevoir rapidement un produit conforme aux exigences de confort du client implique de posséder, entre autre, une bonne connaissance des caractéristiques dimensionnelles des

pieds des populations concernées et d'être apte à en déduire une forme sur laquelle les chaussures pourront être fabriquées. [1]

Par ailleurs, un problème d'inadéquation entre le confort et le chaussant du pied tunisien ne cesse de se manifester, principalement chez les femmes et les enfants. Ceci est incontestablement la conséquence de l'utilisation des formes de chaussures provenant principalement de l'Italie et de la France.

De ce fait, la connaissance des caractéristiques dimensionnelles des pieds devient de plus en plus stratégique pour les entreprises souhaitant maîtriser leur conception. Les industriels doivent disposer d'informations objectives pour toutes les populations tunisiennes (femmes, hommes, et enfant).

A ces besoins d'informations en termes de pied moyen, vient s'ajouter une demande croissante en termes de personnalisation de la chaussure au travers de produit « sur mesure » qui implique de disposer d'outil de mesure des caractéristiques dimensionnelles des pieds, sachant qu'à ce jour il n'existe aucune enquête statistique permettant de quantifier le chaussant tunisien. [2]

Ce papier traite l'étude de la morphologie du pied. Dans la première section, nous rappelons les caractéristiques morphologiques du pied. Au niveau de la deuxième section, nous définissons les différents matériels utilisées ainsi que paramètres du pied au niveau de la troisième section. Enfin, nous discutons les résultats obtenus par l'outil du scanner 3D.

2. Matériels Utilisés

Toutes les dimensions relatives aux pieds sont stockées dans une base de données pour pouvoir réaliser des études statistiques.

Ces mesures de pieds sont réalisées à partir d'un scanner 3D « INFOOT USB Standard Type », qui est relié à un ordinateur par câble USB.

Ce dernier, nous permet d'obtenir une surface en 3D et les dimensions caractéristiques du pied d'une personne (longueurs, largeurs, hauteurs, périmètres et angles). [3]

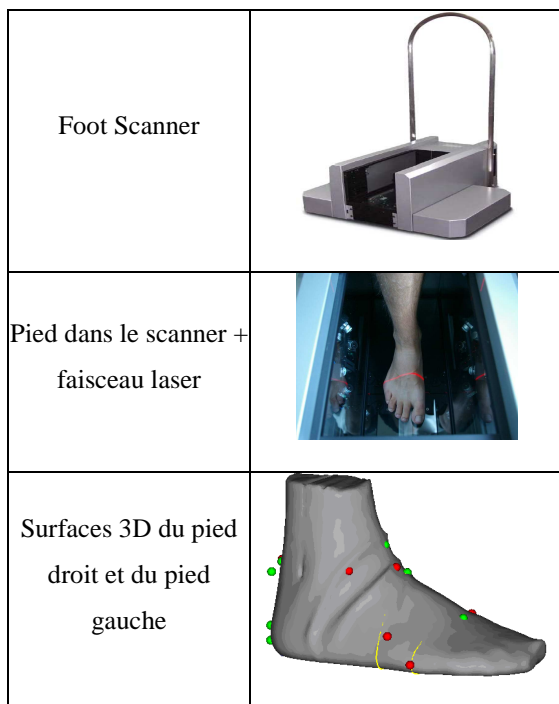


Figure 1: Matériels Utilisés

3. Caractéristiques Morphologiques D'un Pied

3.1. Extraction Des Dimensions D'un Pied 3D

Selon la technologie choisie, il existe deux principales méthodes pour extraire les dimensions du pied.

La première est la méthode anatomique qui à l'aide d'une surface 3D permet de repérer les points de façon anatomique, c'est à dire les placer en fonction de la forme du pied bien spécifique à chaque personne.

La deuxième méthode consiste à reprendre les connaissances bibliographiques pour déterminer les différentes dimensions en fonction des pourcentages de certaines autres, ou encore grâce à des constructions géométriques plus ou moins élaborées.

Les deux méthodes sont disponibles avec le logiciel

du scanner. Il existe même deux façons de prendre en compte les mesures avec la méthode des proportions mathématiques.

3.2. Anatomie Du Pied

Chaque pied est unique: du pied creux au pied plat, du pied large au pied mince, du pied stable au pied instable, il existe une infinité de différences.

La définition du volume intérieur de la chaussure repose essentiellement sur la conception de la « forme », élément rigide en bois, métal ou polyéthylène ; qui reproduit les principales caractéristiques dimensionnelles du pied. Elle est à la base de toute fabrication de chaussure. Les composants qui constituent la semelle et le dessus de la chaussure sont assemblés sur cette « forme ». La définition de celle-ci intègre les données caractéristiques du pied (morphologie du pied homme/femme, population, la forme de l'avant pied...), l'usage de la chaussure (chaussure de sport, de ville), les contraintes industrielles de fabrication (galbe, hauteur du talon...). La conception d'une chaussure impose donc une bonne connaissance du pied.

Au travers d'une enquête de mensuration du pied, il est possible de dégager un certain nombre de renseignements portant sur la connaissance du pied nu, sur la croissance du pied (du pied moyen et du pied échantillon représentatif de chacune des pointures des gammes commerciales).

3.3. Les Points Anatomiques Du Pied

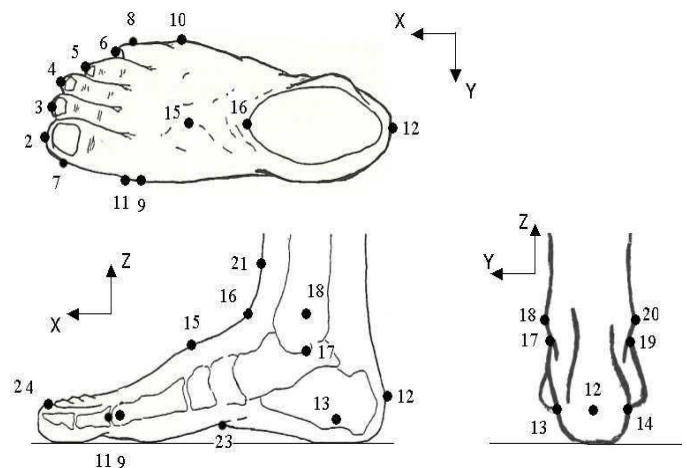


Figure 2 : Les Points Anatomiques Du Pied

1. Point de l'extrémité de l'orteil le plus long
2. Point de l'extrémité du 1er orteil
3. Point de l'extrémité du 2e orteil

- 4. Point de l'extrémité du 3e orteil
- 5. Point de l'extrémité du 4e orteil
- 6. Point de l'extrémité du 5e orteil
- 7. Point externe du gros orteil
- 8. Point externe du petit orteil
- 9. Proéminence de la tête du 1er métatarse
- 10. Proéminence de la tête du 5e métatarse
- 11. Point de l'articulation intérieure
- 12. Point talon (extrémité du calcanéum)
- 13. Point intérieur du talon
- 14. Point extérieur du talon
- 15. Point du cou-de-pied
- 16. Point de l'entrée
- 17. Point sous la malléole intérieure
- 18. Point sur la malléole intérieure
- 19. Point sous la malléole extérieure
- 20. Point sur la malléole extérieure
- 21. Point du bas de la jambe
- 22. Point du mollet
- 23. Point cambrure

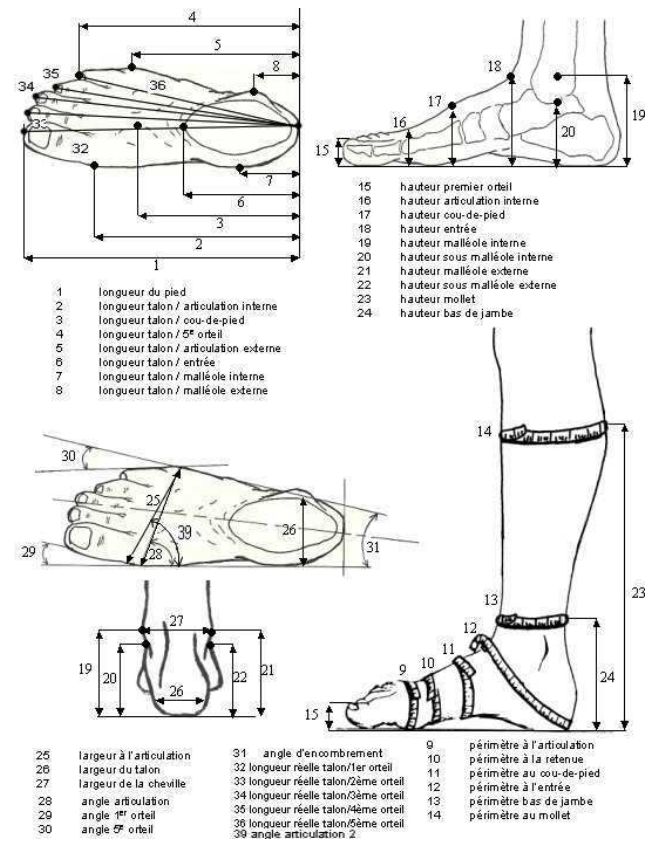


Figure 3 : Les Dimensions Du Pied

37. L'index de Chippaux-Smirak qui donne une indication sur l'arche longitudinale du pied (c'est le rapport entre la plus grande largeur de l'avant pied et la plus petite largeur du milieu du pied).

38. La surface de contact avec le sol (déterminée à partir de l'empreinte).

4. Définition Des Paramètres

Quelle que soit la méthode de mesure, il faut déterminer ces points anatomiques du pied qui vont permettre de calculer les différentes dimensions qui nous intéressent dans ce projet. A l'aide de ces points, les axes du pied sont tracés pour déterminer certaines dimensions, spécialement les angles. Ces points peuvent varier en fonction des dimensions que l'on désire obtenir. Cet ensemble de points (ainsi que leurs coordonnées) représente la base de données brute. Elle pourra être réutilisée afin de calculer d'autres dimensions ultérieurement. [4]

4.1. Les Longueurs

Elles sont le plus souvent au nombre de 13 et sont en fait les projections des longueurs du pied sur son axe (formé par le point arrière du talon et le deuxième orteil). L'utilisation de grandeurs réelles (non projetées) est intéressante pour les longueurs des orteils afin de déterminer une base de données de la forme de l'avant pied.

Les longueurs principales sont :

- La longueur du pied, bien sûr, puisqu'elle détermine la longueur de la chaussure (la taille),
- La longueur talon/articulation intérieure: c'est la distance selon l'axe du pied entre l'extrémité du talon et la tête du premier métatarsien
- Les longueurs talon/entrée et talon/cou-de-pied sont également importantes en vue de l'élaboration de la languette et du laçage. Pour les calculer, on utilise le point au niveau de l'entrée et le point du cou-de-pied qui sont ensuite projetés sur l'axe du pied (axe 1).

Ces longueurs sont indispensables à la conception d'une chaussure.

4.2. Les Périmètres

On en dénombre pas moins de 6 : 2 sur la jambe et 4 pour le pied (le périmètre de dessous de genoux est parfois utilisé pour les bases de données d'industriels

fabriquant des bottes). Les périmètres font parties des mesures les plus difficiles à obtenir de façon automatisée, ils sont obtenus manuellement à l'aide d'un mètre à ruban.

Actuellement, les périmètres sont calculés à partir de la surface 3D du pied obtenue par un scanner. L'incertitude de la mesure dépend uniquement de l'incertitude du scanner. Cette incertitude est d'environ +/- 1 mm pour les scanners récents.

Les principaux périmètres utilisés sont ceux mesurés au niveau de l'articulation (car ils déterminent la largeur de la chaussure) au cou-de-pied et à l'entrée.

4.3. Les Hauteurs

Elles sont en général au nombre de 10. Il est possible d'ajouter, si la méthode de mesure le permet, la hauteur du jarret (dessous le genou) et la hauteur de la tubérosité calcanéenne. Elles sont obtenues en prenant la projection orthogonale du point où l'on désire connaître la hauteur sur l'axe z. Les hauteurs importantes sont celles de la tête du premier métatarse et du cou-de-pied. Dans le cadre éventuel de la conception de chaussures montantes la hauteur à l'entrée fait partie des mesures indispensables.

4.4. Les Largeurs

On en compte 3 principales : au niveau de l'articulation avant pied, au niveau du talon et la largeur de la cheville. La largeur à l'articulation et celle du talon sont les deux plus importantes mesures. Elles permettent d'évaluer la largeur de la chaussure sur toute sa longueur.

4.5. Les Angles

Les angles sont au nombre de 5, ils déterminent la forme globale du pied. On les calcule à l'aide des axes déterminés grâce à certains points anatomiques. On distingue trois angles de contour (1^{er} orteil, 5^e orteil et l'angle entre les deux tangentes du pied) et deux angles à l'articulation (un pour la tête du 1^{er} métatarse et un autre pour l'articulation interne du pied).

4.6. Les Axes

Les axes sont au nombre de 8 .

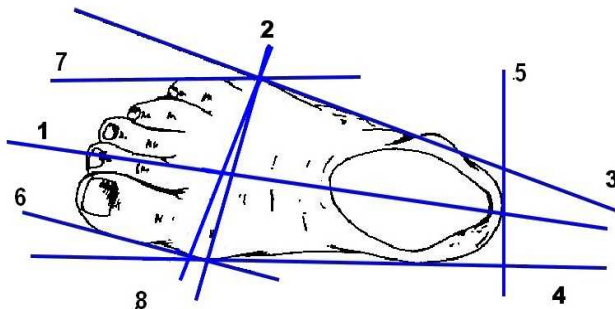


Figure 4 : Les Axes Du Pied

1. Axe du pied
2. Axe têtes métatarsiennes
3. Axe extérieur
4. Axe intérieur
5. Axe talon
6. Axe gros orteil
7. Axe petit orteil
8. Axe de l'articulation métatarso-phalangienne

5. REALISATIONS ET RESULTATS

Les mesures dans la plupart des études sont prises sur le sujet debout et assis pour évaluer les différences au niveau des dimensions lorsqu'il y a le poids du corps qui s'applique sur les pieds, surtout au niveau du périmètre à l'articulation. Ce périmètre est parfois mesuré en compression c'est-à-dire que l'on évalue à l'aide d'un ruban de mesure la compression acceptable de l'avant pied. Les mesures sont effectuées pied droit et pied gauche

5.1. Nature du pied Tunisien

Il existe trois types de pied d'une façon générale :

- Pied Egyptien : le premier orteil est supérieur au deuxième orteil
- Pied Grec : le premier orteil est inférieur au deuxième orteil
- Pied Carré : le premier orteil est égal au deuxième orteil

Les résultats de cette enquête nous donnent la répartition suivante pour les pieds des Tunisiens. [5]

Tableau 1. Nature Du Pied

Pied Grec 5%	Pied Carré 8%	Pied Egyptien 87%

5.2. Notion De La Pointure

La pointure se calcule en fonction de la longueur du pied

Pour une pointure donnée la longueur du pied évolue entre val1 et val2

$$\text{Val1} = (\text{pointure} - 0.5 - 0.2667) / 0.1572 \quad \text{Val2} = (\text{pointure} + 0.5 - 0.2667) / 0.1572$$

Ecart de longueur entre deux pointures :

- Un point français est de 6,66 mm par exemple de 38 à 39
- Un point anglais est 8,46 mm par exemple 38 et 39

Ecart de grosseur du pied entre deux pointures :

- Un point français est de 5 mm
- Un point anglais 6 mm

5.3. Notion De La Demi-Pointure

Pour améliorer le confort du pied, on peut développer la notion de demi-pointure (3,33 mm point de paris). Cette notion permet de produire des articles de chaussures de haut de gamme. Cette technique de fabrication nécessite une maîtrise des procédures qui implique tous les intervenants (formiers, fabricants de semelles, bureaux d'études,..). Toutes ces améliorations engendrent des investissements matériels et immatériels.

5.4. Comparaisons Des Principaux Paramètres

5.4.1. Entre Pied Gauche Et Droite

Le tableau 2 représente la comparaison entre le pied gauche et droit

Tableau2. Comparaison Pied Gauche/Pied Droit

	unité	Droit	Gauche	différence
Point de Paris		38,0	38,1	-0.1
Longueurs				
Longueur du pied	mm	240,2	240,6	-0,3
Longueur talon/saillie gros orteil	mm	177,8	177,8	0,0
Périmètres				
Périmètre à l'articulation	mm	234,8	234,9	-0,2
Périmètre au cou-de-pied	mm	228,5	228,9	-0,4
Hauteurs				
Hauteur gros orteil	mm	22,6	22,4	0,2

Hauteur cou-de-pied	mm	56,3	56,2	0,1
Hauteur entrée	mm	81,7	81,4	0,3
Largeurs				
Largeur du talon	mm	63,4	62,9	0,5
Largeur avant pied	mm	93,7	93,4	0,3
Angles				
Angle d'articulation proéminence	degré	69,4	69,4	0,0

On remarque qu'il n'y a pas de différence entre le pied gauche et le pied droit, la plus grande différence est au niveau de la hauteur du talon 0,5 mm.

5.4.2. Entre Position Debout Et Assise

Le tableau 3 montre la différence entre le pied en position debout et assise

Tableau 3. Comparaison Des Paramètres Essentiels Entre La Position Debout Et Assise

Paramètres	Dimension	Debout	Assis	Ecart
Longueur du pied	mm	240,4	238,8	1,6
Périmètre à l'articulation	mm	234,9	233,8	1,1
Périmètre au cou-de-pied	mm	228,7	228,2	0,5
Largeur de l'articulation	mm	96,5	95,1	-1,4
Largeur du talon	mm	63,1	62,1	1,0

On remarque que les dimensions du pied moyen en position debout et les dimensions du pied moyen en position assis sont équivalentes.

La différence en longueur est 1,6 mm entre position debout et assis ce qui correspond au quart d'une pointure.

Au niveau du coup de pied 0,5 mm correspondant à 1/7 d'une pointure.

5.4.3. Entre Le Pied Moyen Tunisien Et Le Pied Moyen Français

Le Tableau 4 représente la comparaison entre la Tunisie et la France pour un pied de pointure 38. Le pied féminin adulte Tunisien a, pour une même longueur de pied, un volume avant pied plus important et une largeur talon plus importante.

Tableau 4. Comparaison Entre Le Pied Moyen Tunisien Et Français

	Tunisie	France	Ecart (mm)	Ecart (%)
Longueur du pied	240	240,2	-0,2	0%
Périmètre à l'articulation	234,6	229,2	5,4	2%
Périmètre au cou-de-pied	228,5	221,9	6,6	3%
Largeur avant pied	93,1	92,1	1,0	1%
Largeur du talon	63,1	61,2	1,9	3%

5.4.4. Répartition Des Dimensions Du Pied Classées Par Pointure

Le Tableau 5 représente la répartition du pied suivant les différents pointures du 34 jusqu'à 43

Tableau 5. Répartition Des Dimensions Du Pied Classées Par Pointure

Pointure	Unité	34	35	36	37	38
Nombre		10	82	191	292	393
Longueur du pied	mm	216	222	228	234	240
Pointure	Unité	39	40	41	42	43
Nombre		227	157	66	24	10
Longueur du pied	mm	246	252	258	265	271

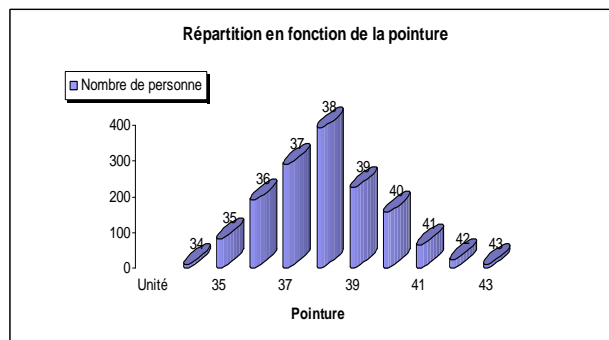


Figure 5 : Répartition En Fonction De La Pointure

En remarque bien que :

27 % de la population femme chausse du 38

63 % de la population femme chausse entre 37 et 38

87% de la population femme chausse entre 36 et 40.

6. Conclusion Et Perspectives

À travers ce travail, nous avons décrit les différents matériels utilisés ainsi que définir tous les paramètres du pied humain. Les comparaisons qu'on a faites montrent l'intérêt et la faisabilité de tous les paramètres du pied.

Comme perspective à ce travail, nous allons tenir compte de trouver ces paramètres automatiquement et faire une comparaison entre les données trouvées par le scanner 3D et les résultats qu'on va trouver automatiquement

7. Références

[1] <http://www.iwl.jp/main>
 [2] <http://www.derville-chaussures.fr/technologie.html>
 [3] http://www.iwl.jp/main/infoot_std.html
 [4] http://www.iwl.jp/main/mark_dimension.html
 [5] JL CHAVEROT, Spécificités chaussure: Le pied en chaussure.