

# Étude comparative des arcades dentaires par la méthode Procruste

Deuxième partie : les courbes occlusales

## Comparative study of dental arches using the Procrustes method

Part Two: Occlusal curves

Marine PENIN-LAMBERT<sup>1</sup>, Laurent PIERRISNARD<sup>2</sup>, Xavier PENIN<sup>3</sup>

Traduction : George MORGAN

### Résumé

L'objectif de cette étude est de décrire les variations morphologiques des courbes occlusales et les paramètres pouvant les influencer. L'échantillon étudié est constitué de 40 arcades dentaires humaines maxillaires supérieures.

La superposition et les calculs statistiques sont réalisés avec le logiciel d'analyse par superposition APS, basé sur une méthode statistique appelée superposition Procruste. Les variations morphologiques globales de la courbe de Spee et de la courbe de Wilson sont étudiées, grâce au calcul des composantes de conformation. La variabilité morphologique de l'hélicoïde résultante de ces deux courbes, puis les différences remarquables entre les individus en Classe I et ceux en Classe II d'Angle sont analysées.

La conformation moyenne de la courbe de Spee obtenue dessine une courbe à concavité supérieure. Les résultats des tests statistiques ne permettent pas de mettre en évidence de relation entre la forme de la courbe de Spee et l'appartenance à une Classe I ou II d'Angle.

Il existe des variations de morphologie des courbes de Wilson très significatives dans l'échantillon étudié. L'existence de la surface hélicoïde est mise en évidence. La variabilité de la courbe de Wilson est un critère de différenciation entre les Classes I et II.

### Mots-clés

- Courbes occlusales.
- Spee.
- Wilson.
- Hélicoïde.
- APS.
- Analyse de forme.
- Superposition Procruste.
- Classe d'Angle.

### Abstract

The purpose of this study is to describe the morphological variations of occlusal curves and the parameters influencing them. The study sample was made up of 40 upper maxillary human dental arches.

Superimposition and statistical calculations were performed using the APS superimposition analysis software based on a statistical method called the Procrustes superimposition method. Global morphological variations of the curve of Spee in the sagittal plane, and of the curve of Wilson were calculated using conformation components. The morphological variability of the helicoids resulting from these two curves and the noticeable differences between subjects in Angle Class I and those in Class II were analysed.

The mean conformation of the curve of Spee gave a curve showing upper concavity. No significant variation in the morphology of the curve of Spee was revealed in the sagittal plan. The findings of the statistical tests demonstrate no relationship between the form of the curve of Spee and belonging to Angle Class I or II.

There are highly significant variations in the morphology of the curves of Wilson in the study sample. The existence of the helicoids surface is demonstrated. Variability of the curve of Wilson is a criterion differentiating between Classes I and II.

### Key-words

- Occlusal curves.
- Spee.
- Wilson.
- Helicoid.
- APS.
- Form analysis.
- Superimposition.
- Procrustes.
- Angle Class.

<sup>1</sup> Marine PENIN-LAMBERT, Faculté de Chirurgie Dentaire de Montrouge, Paris V.

<sup>2</sup> Laurent PIERRISNARD, Faculté de Chirurgie Dentaire de Montrouge, Paris V.

<sup>3</sup> Xavier PENIN, Faculté de Chirurgie Dentaire de Montrouge, Paris V.

Correspondance et tirés à part / Correspondence and reprints:

M. PENIN-LAMBERT, 3, bis rue du chemin de fer, 92160 Antony.  
marine.lambert@club-internet.fr.

Les courbes occlusales sont définies dans les plans sagittal (courbe de Spee) et frontal (courbe de Wilson). Pour Monson, la courbe de Spee fait partie d'une sphère dont le centre de rotation se trouve dans la région de l'apophyse crista galli et le rayon calculé de cette sphère est égal à 4 inches (10,4 cm). De nombreux auteurs ont tenté de déterminer le centre de cette sphère. [1-3] Cependant, en dépit des divergences constatées dans la littérature, Dawson, se référant à Monson, préconise en 1977, un rayon de construction de la courbe de Spee de 104 mm, dans la technique utilisant le *Broadrick Occlusal Plane Analyzer* [4]. Il est admis aujourd'hui que la courbe de Spee est une constante anatomique. Par convention, elle est définie au maxillaire : elle passe par les sommets des cuspidés vestibulaires supérieures. En fait, on peut considérer la courbe de Spee comme une succession de petits plans occlusaux dentaires individuels. Elle peut être différente d'un côté à l'autre : c'est une courbe unilatérale. Les courbes cuspidiennes vestibulaire et linguale se croisent au niveau de la seconde prémolaire et s'éloignent progressivement l'une de l'autre jusqu'à la troisième molaire parce que les cuspidés linguales des molaires maxillaires deviennent de plus en plus saillantes [5]. Par rapport à un schéma type des standards d'incurvation et d'orientation, on a des courbes plus ou moins accusées et des courbes basculées soit vers l'avant, soit vers l'arrière [6]. Ceci est en rapport avec l'âge et le type d'architecture faciale sagittale [3, 6]. La courbe de Spee représente un des facteurs essentiels à la stabilité des arcades. Une courbe de Spee incorrecte perturbera les mouvements fonctionnels [1, 7, 8, 9].

Dans un plan frontal, les cuspidés vestibulaire et linguale des dents maxillaires sont alignées selon une courbe à concavité supérieure, dite courbe de compensation ou courbe de Wilson. Une telle disposition est due à l'inclinaison axiale des dents. Dans le sens transversal, les prémolaires et molaires supérieures ont des axes de plus en plus convergents à mesure qu'ils sont plus distaux, en conséquence, le rayon des courbes se réduit de mésial en distal [10, 5]. La courbe de Wilson permet un glissement harmonieux des cuspidés vestibulaires inférieures sur les versants internes des cuspidés vestibulaires supérieures durant les mouvements de latéralité. Ce glissement harmonieux évite les interférences occlusales [7].

La résultante de la courbe sagittale de Spee et de la courbe transversale de Wilson forme la surface hélicoïde [11].

L'objectif de cette étude est de décrire les variations morphologiques des courbes occlusales et les paramètres pouvant les influencer.

## Matériels et méthodes

L'échantillon étudié est constitué de 40 modèles en plâtre d'arcades humaines maxillaires supérieures. Les modèles sélectionnés présentent une denture adulte complète au maxillaire comme à la mandibule (au moins 28 dents). Les sujets sont âgés d'au moins 15 ans (deuxièmes molaires en occlusion, avec les apex fermés). Les sujets sont en Classe I ou II d'Angle (II, 1 et II, 2). Les individus sont en bonne santé et d'origine indifférente (*tableau I*).

Occlusal curves are defined in the sagittal plane (curve of Spee) and frontal plane (curve of Wilson). According to Monson, the curve of Spee forms part of a sphere the center of rotation of which is located in the region of the crista galli apophysis. The radius of this curve is an estimated 4 inches (10.4 cm). Numerous authors have tried to calculate the center of this sphere [1-3]. However, despite the divergences to be found in the literature, Dawson, in 1977, referring to Monson, and using a technique called the *Broadrick Occlusal Plane Analyzer* [4], advocated a radius of 104 mm for the curve of Spee. It is now acknowledged that the curve of Spee is an anatomical constant. Conventionally, it is described on the maxilla going along the tips of the upper vestibular cuspidés. In fact, the curve of Spee can be thought of as a succession of small individual dental occlusal planes. Being a unilateral curve, it can differ from one side to the other. The buccal and lingual bicuspid-molar curves intersect at the second bicuspid, gradually move away from one another as far as the third molar as the lingual cusps of the maxillary molars become gradually more protrusive [5]. In comparison with a conventional pattern of curvature and orientation standards, one finds more or less tight curves and curves which are tipped either forward or backwards [6]. These findings are dependent upon age and on the type of sagittal facial architecture [3, 6]. The curve of Spee constitutes an essential contributory factor in arch stability. An incorrect curve of Spee will interfere with functional mobility [1, 7, 8, 9].

In a frontal plane, the buccal and lingual cusps of the maxillary teeth are aligned in a curve with upper concavity. This is termed a compensatory curve or curve of Wilson. An arrangement of this kind is caused by axial tipping of the teeth. In the transverse plane, the upper bicuspidés and molars have axes which converge progressively as they are more distal. Consequently, the radius of the curves reduces from mesial to distal [10, 5]. The curve of Wilson allows harmonious gliding of the lower buccal cusps towards the inner faces of the upper buccal cusps in the course of the lateral movements. This harmonious glide avoids occlusal interference [7].

The composite of the sagittal curve of Spee and of the curve of Wilson forms the helicoidal surface [11].

The purpose of this study is to describe the morphological variations of the occlusal curves and the parameters which can act upon them.

## Materials and Methods

The study sample is consisted of 40 plaster moulds of upper maxillary human arches. The models chosen possess(ed) complete adult maxillary and mandibular dentition (at least 28 teeth). Individuals are aged at least 15 years (second molars in occlusion with apices closed). They are classified either Angle Class I or II (II,1 or II,2). They are in good health and of different origins (*table I*).

### Tableau I

Répartition du nombre d'arcades dentaires en fonction de la Classe d'Angle.

Classes d'Angle	I	II,1	II,2
Nombre de spécimens	19	13	8

La courbe de Spee est caractérisée ici par 7 points choisis d'un seul côté de l'arcade dentaire maxillaire. Ce sont les sommets des cuspidés mésio-vestibulaires et disto-vestibulaires des deux premières molaires, les sommets des cuspidés vestibulaires des deux prémolaires ainsi que la pointe canine. Les coordonnées en trois dimensions de chacun des points sont enregistrées avec une table à numériser tridimensionnelle (Microscribe®). Les calculs sont faits sur ces 7 points (*tableau II*).

L'étude de la courbe de Wilson est réalisée en enregistrant en trois dimensions 16 autres points. Ce sont les sommets des cuspidés mésio-vestibulaires et linguales des molaires et des cuspidés vestibulaires et linguales des prémolaires des deux côtés de l'arcade (*tableau III*).

Pour étudier la variabilité morphologique des courbes occlusales, le logiciel d'analyse par superposition APS® (PENIN 2001) basé sur une méthode statistique appelée superposition Procuste [12, 13] a été utilisé. Les arcades dentaires ont été symétrisées. Les fondements de cette méthode ont été exposés par Penin [14]. Pour chacune des courbes, après les superpositions, la conformation moyenne (consensus) et les composantes de conformation sont calculées pour tout l'échantillon. Des tests statistiques de discrimination ont ensuite permis de savoir si la morphologie des courbes occlusales est en relation avec la classe d'Angle.

### Tableau II

Les 7 points enregistrés pour mettre en évidence la courbe de Spee avec leurs coordonnées cartésiennes en centimètres.

		x	y	z
1	Sommet de la cuspidé disto-vestibulaire de 17 / Top of the disto-buccal cusp of 17	102.6413	117.0424	17.4635
2	Sommet de la cuspidé mésio-vestibulaire de 17 / Top of the mesio-buccal cusp of 17	104.1275	123.7759	19.1000
3	Sommet de la cuspidé disto-vestibulaire de 16 / Top of the disto-buccal cusp of 16	105.0618	130.4546	20.9954
4	Sommet de la cuspidé mésio-vestibulaire de 16 / Top of the mesio-buccal cusp of 16	106.1814	137.1190	21.1838
5	Sommet de la cuspidé vestibulaire de 15 / Top of the buccal cusp of 15	109.2416	141.9431	22.8471
6	Sommet de la cuspidé vestibulaire de 14 / Top of the buccal cusp of 14	112.9034	149.0040	24.0911
7	Sommet de la cuspidé de 13 / Top of the cusp of 13	116.8223	157.5862	23.4578

### Table I

Break-down of the number of dental arches by Angle Class.

Angle Class	I	II,1	II,2
Specimen numbers	19	13	8

The curve of Spee is characterized here by 7 points along one side of the maxillary dental arch. They correspond to the tips of mesio-buccal and disto-buccal cusps of the two first molars, the tips of the buccal cusps of the two bicuspidals as well as the tip of the canine. The three-dimensional coordinates of these points are recorded using a 3 D digitizing system (Microscribe®). Calculations are performed on the seven points (*table II*).

The curve of Wilson is analyzed by taking 3 D readings of 16 other points. These are the tips of the mesio-buccal and lingual cusps of the molars and the tips of the buccal and lingual cusps of the bicuspidals on both sides of the arch (*table III*).

To study the morphological variability of the occlusal curves we used the APS® (PENIN 2001) superimposition analysis software package which integrates the Procrustes statistical method [12, 13]. The dental arches were symmetrified. The principles underpinning this method have been reported by Penin [14]. After superimposition is completed, the mean shape or consensus and the components of the shape are calculated for each of the curves and for the entire sample. Statistical discrimination tests then reveal whether the morphology of the occlusal curves is correlated to the Angle class.

### Table II

The 7 points recorded in order to show the curve of Spee with their Cartesian coordinates in centimeters.

### Tableau III

Les 16 points enregistrés pour mettre en évidence la courbe de Wilson avec leurs coordonnées cartésiennes en centimètres.

		x	y	z
1	Sommet de la cuspide mésiovestibulaire de 17/Tip of the mesio-buccal cusp at 17	104.1275	123.7759	19.1000
2	Sommet de la cuspide mésiovestibulaire de 16/Tip of the mesio-buccal cusp at 16	106.1814	137.1190	21.1838
3	Sommet de la cuspide vestibulaire de 15/Tip of the buccal cusp at 15	109.2416	141.9431	22.8471
4	Sommet de la cuspide vestibulaire de 14/Tip of the buccal cusp at 14	112.9034	149.0040	24.0911
5	Sommet de la cuspide vestibulaire de 24/Tip of the buccal cusp at 24	156.8128	160.7504	25.7057
6	Sommet de la cuspide vestibulaire de 25/Tip of the buccal cusp at 25	160.9871	150.4006	26.5530
7	Sommet de la cuspide MV de 26/Tip of the mesio-buccal cusp at 26	164.8419	144.2859	25.9428
8	Sommet de la cuspide MV de 27/Tip of the mesio-buccal cusp at 27	168.4164	131.0685	24.2821
9	Sommet de la cuspide ML de 27/Tip of the mesio-lingual cusp at 27	170.5746	118.4499	22.1198
10	Sommet de la cuspide ML de 26/Tip of the mesio-lingual cusp at 26	162.4058	122.0629	22.7273
11	Sommet de la cuspide linguale de 25/Tip of the lingual cusp at 25	160.1469	131.7948	23.8541
12	Sommet de la cuspide linguale de 24/Tip of the lingual cusp at 24	157.8384	140.4370	24.0302
13	Sommet de la cuspide linguale de 14/Tip of the lingual cusp at 14	154.1476	147.7099	24.3054
14	Sommet de la cuspide linguale de 15/Tip of the lingual cusp at 15	119.6788	145.6604	25.0180
15	Sommet de la cuspide ML de 16/Tip of the mesio-lingual cusp at 16	116.0356	137.5945	25.3478
16	Sommet de la cuspide ML de 17/Tip of the mesio-lingual cusp at 17	113.7147	129.3499	25.5648

### Table III

The 16 points recorded to show the curve of Wilson with their Cartesian coordinates in centimeters.

## Résultat

### Courbe de Spee

La *figure 1* montre, en vue sagittale, la conformation moyenne (ou consensus) de la courbe de Spee obtenue après superposition de chacun de 7 points des 40 individus de l'échantillon. Pour une meilleure visualisation, les différents points enregistrés sont reliés par un trait. Cette courbe est à concavité supérieure.

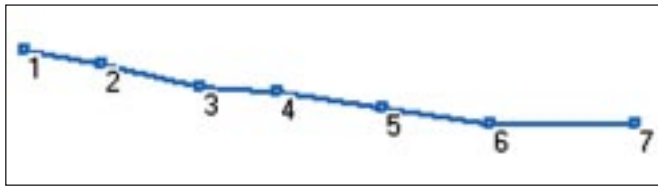
Le calcul des composantes de conformation réalisé après superposition permet d'analyser la variabilité de la courbe de Spee. Chaque composante décrit un type de variation, une part de la variabilité totale de l'échantillon, dont l'importance est exprimée en pourcentage. Les pourcentages décroissent régulièrement (*tableau IV*). Les quatre premières composantes représentent 65 % de la variabilité totale de l'échantillon, elles suffisent donc à décrire l'essentiel des variations typiques des formes des courbes de Spee de l'échantillon. Les *figures 2* montrent les deux extrêmes du changement de conformation de la courbe de Spee associé à la première composante dans le plan sagittal. Aucune

## Results

### The curve of Spee

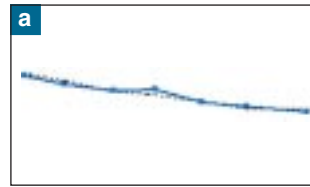
*Figure 1* shows a sagittal view of the mean shape (or consensus) of the curve of Spee obtained after superimposing each of the 7 points of the 40 individuals in the sample. To allow greater visibility the different recorded points are connected by a straight line. This curve shows upper concavity.

The variability of the curve of Spee can be analyzed using the superimposition technique to calculate the shape components analysis. Each component describes a type of variation, a contributory factor in the total variability within the sample, the relative extent of which is given as a percentage. The percentages decrease steadily (*table IV*). The first four components account for 65% of the total variability of the sample and are sufficient to describe the major features of the typical variations in the curve of Spee within the sample. *Figures 2* show the two extreme shape changes in the curve of Spee associated with the first component in the sagittal plane. No significant morphological variation is



**Fig. 1 :** Vue sagittale de la courbe de Spee consensus. Le point 1 représente la cuspidé disto-vestibulaire de la 17. Le point 7 représente la pointe cuspidienne de la 13.

**Fig. 1:** Sagittal view of consensus curve of Spee. Point 1 shows the disto-buccal cusp at 17. Point 7 shows the cusp tip at 13.



**Fig. 2 a-b :** Vue sagittale des deux extrêmes de la courbe de Spee, selon la première composante.

**Fig. 2 a-b:** Sagittal view of the two extremes of the curve of Spee, using the first component.

## Tableau IV

Courbe de Spee : pourcentage de variance associé aux 4 premières composantes.

Numéro d'ordre/ Sequence number	Variance associée/ Associated variance	Variance cumulée/ Cumulated variance
Première composante/First component	24.059818 %	24.059818 %
Deuxième composante/Second component	19.102040 %	43.161858 %
Troisième composante/Third component	12.180656 %	55.342514 %
Quatrième composante/Fourth component	9.855983 %	65.198497 %

## Table IV

Curve of Spee: the percentage of variance associated with the 4 first components.

variation significative de morphologie ne peut être observée dans ce plan, pour aucune des trois premières composantes de conformation. Le seul changement observé est ponctuel et concerne la première molaire qui subit un mouvement de bascule dans le plan sagittal (selon la première composante).

La vue sagittale des courbes de Spee vestibulaire et linguale moyennes montre qu'elles se croisent, côté vestibulaire, entre la cuspidé de la deuxième prémolaire et la cuspidé mésiale de la première molaire et côté lingual, entre la deuxième prémolaire et la première molaire (fig. 3).

Des tests de discrimination sont réalisés entre un groupe constitué des individus en classe I et un autre des individus en classe II. La valeur du F de Fisher ne dépasse pas 0,91 pour (4,35) degrés de liberté ce qui n'est pas significatif ( $\alpha < 0,47$ ) (tableau V).

## Courbe de Wilson

La superposition de 16 points numérisés sur chacun des 40 modèles de l'échantillon donne la conformation moyenne (ou consensus) de la courbe de Wilson représentée sur la figure 4. Sur ce schéma, la canine a été conservée pour permettre une meilleure compréhension. Les molaires et les prémolaires présentent des arcs de courbure différents, dans le plan frontal, les courbes se creusent de mésial en distal. L'existence de la surface hélicoïde est mise en évidence.

observed in this plane for any of the three first shape components. The only change observed is limited in scope to the first molar which undergoes tipping in the sagittal plane (according to the first component).

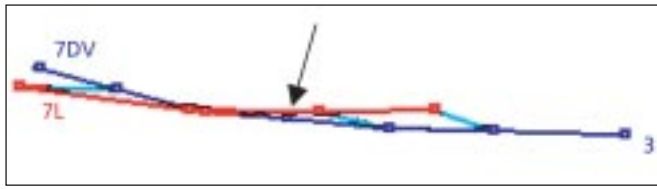
The sagittal view of the mean buccal and lingual curves of Spee reveals that they intersect on the buccal side between the cusp of the second bicuspid and the mesial cusp of the first molar and, on the lingual side, between the second bicuspid and the first molar (fig. 3).

Discrimination tests are performed to distinguish between a group comprising Class I individuals and a second group of Class II individuals. The value of the Fisher F does not exceed 0.91 for (4.35) degrees of freedom. This result is not significant ( $\alpha < 0.47$ ) (table V).

## The curve of Wilson

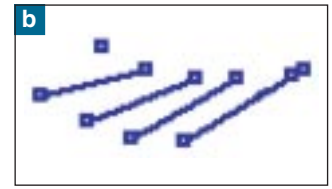
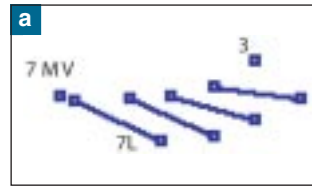
Superimposition of the 16 digitized points on each of the 40 casts in the sample gives the mean shape (or consensus) of the curve of Wilson shown in figure 4. On this diagram, the canine was preserved in order to allow better understanding. The molars and bicuspid show different arch curves in the frontal plane. The curves grow deeper from mesial to distal. The presence of the helicoidal surface is demonstrated.





**Fig. 3 :** Vue sagittale des courbes cuspidiennes vestibulaire (en bleu) et linguale (en rouge). La flèche indique le croisement des deux courbes consensus.

**Fig. 3:** Sagittal view of curves of Spee, vestibular in blue , lingual in red. The arrow indicates the intersection of the two consensus curves.



**Fig. 4 a-b :** Forme moyenne (consensus) des courbes de Wilson en vue frontale. 3 = canine, 7 MV = cuspide mésio-vestibulaire de la 2<sup>e</sup> molaire.

**Fig. 4 a-b:** Frontal view of mean form (consensus) of the curves of Wilson. (3 = canine, 7MV = second molar mesio-buccal cusp).

### Tableau V

Résultats des tests de discrimination Classe I/Classe II pour la courbe de Spee (ddl = degrés de liberté).

	R <sup>2</sup> / R <sup>2</sup>	F/ F	ddl/ dof	α </ α <
1 composante/1 component	0.006	0.22	1.38	0.64
2 composantes/2 components	0.04	0.82	2.37	0.45
3 composantes/3 components	0.04	0.55	3.36	0.865
4 composantes/4 components	0.10	0.91	4.35	0.47

### Table V

Results of the Class I/Class II differentiation tests for the curve of Spee (dof = degrees of freedom).

Le calcul de composantes de conformation réalisé après la superposition donne les pourcentages de variance résumés dans le *tableau VI*. Les trois premières composantes résument environ 72 % de la variabilité totale de l'échantillon, seules ces trois premières composantes sont donc prises en compte dans l'étude de la morphologie des courbes de Wilson. La première composante principale, qui représente 36,8 % de la variabilité totale, correspond à un changement de la morphologie de la forme d'arcade dans un plan occlusal. Elle n'est donc pas prise en compte. La deuxième composante, qui représente 25,7 % de la variabilité totale de l'échantillon, montre, d'un extrême à l'autre, le passage d'une courbe plus accentuée au niveau des deuxièmes molaires à

*Table VI* summarizes the variance percentages obtained by first superimposing and then calculating the shape components. The first three components account for roughly 72 % of the total variability of the sample. These three components were thus the only ones that were retained for analysis of the morphology of the curves of Wilson. The first main component, representing 36.8 % of total variability, marks a change of morphology of the arch form in an occlusal plane. Consequently, it is not taken into account. The second component, representing 25.7 % of total variability of the sample, shows the change, going from one extreme to the other, of a more pronounced curve at the second molars to a flatter curve. At the same time, at the first premolars, the phenome-

### Tableau VI

Courbe de Wilson : pourcentage de variance associé aux 3 premières composantes.

Numéro d'ordre/ Sequence number	Variance associée/ Associated variance	Variance cumulée/ Cumulated variance
Première composante/First component	36.781024 %	36.781024 %
Deuxième composante/Second component	25.688652 %	62.469676 %
Troisième composante/Third component	9.661015 %	72.130691 %

### Table VI

Curve of Wilson: the percentage of variance associated with the first 3 components.

une courbe plus plate. Simultanément, au niveau des premières prémolaires, le phénomène est inversé ; la courbe se creuse d'un extrême à l'autre. Selon cette composante, la deuxième prémolaire et la première molaire ne subissent qu'une faible variation (fig. 5). La troisième composante n'est pas étudiée car elle est constituée d'un mouvement relatif des points dans un plan occlusal.

Le test de discrimination pour une composante donne un résultat significatif en ce qui concerne la forme d'arcade. Le test pour deux composantes est très significatif ( $p < 0,00003$ ) et montre que la variabilité de la courbe de Wilson est un critère de différenciation entre les Classes I et II (tableau VII). En Classe I, plus la courbe est creuse au niveau de la deuxième molaire, plus elle est plate en antérieur. En Classe II, plus elle est plate en postérieur, plus elle est creuse en antérieur ; la surface hélicoïdale est plus prononcée en Classe I (fig. 6). Le test de discrimination pour trois composantes principales n'est pas pris en compte puisque les changements observés correspondent, comme le test pour une composante, à un changement morphologique de la forme d'arcade.

non is inverted. The curve becomes steeper from one end to the other. According to this component, the second bicuspid and the first molar undergo only slight variations (fig. 5). The third component is not analyzed as it is composed of a relative movement of the points in an occlusal plane.

The discrimination test for one component is statistically significant regarding the arch form. The test with two components is highly significant ( $p < 0.00003$ ) and shows that the variability of the curve of Wilson provides a criterion allowing differentiation between Angle Classes I and II (table VII). In Class I, the deeper the curve at the second molar, the flatter it is at the anterior segment. In Class II, the flatter the curve posteriorly, the deeper it is anteriorly. The helicoidal surface is more pronounced in Class I (fig. 6). The discrimination test is not taken into account for the first three main components since the changes observed are produced, as for the one component test, by a morphological change in the arch form.

### Tableau VII

Résultats des tests de discrimination Classe I/Classe II pour la courbe de Wilson.

	R <sup>2</sup> / R <sup>2</sup>	F/ F	ddl/ dof	$\alpha <$ $\alpha <$	CDV		
					1	2	3
1 composante/1 component	0.22	10.91	1.38	0.002	1		
2 composantes/2 components	0.43	13.90	2.37	0.00003	-0.68	0.72	
3 composantes/3 components	0.49	11.53	3.36	0.000019	-0.58	0.62	0.51

### Table VII

Results of the Class I/Class II differentiation tests for the curve of Wilson.

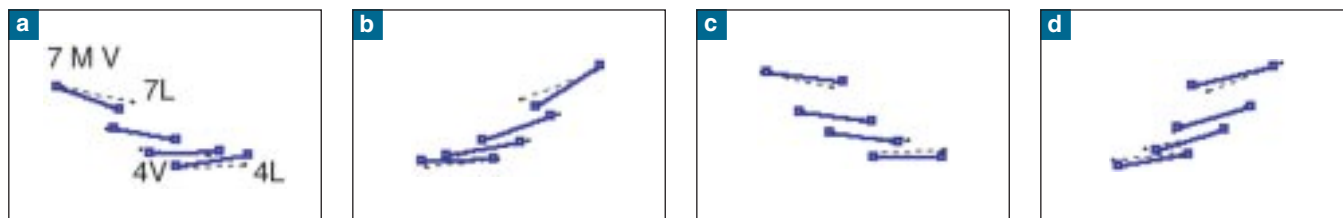


Fig. 5 a-d : Vue frontale selon la deuxième composante des deux extrêmes des courbes de Wilson.

Fig. 5 a-d: Frontal view of the two extremes of the curves of Wilson using the second component.

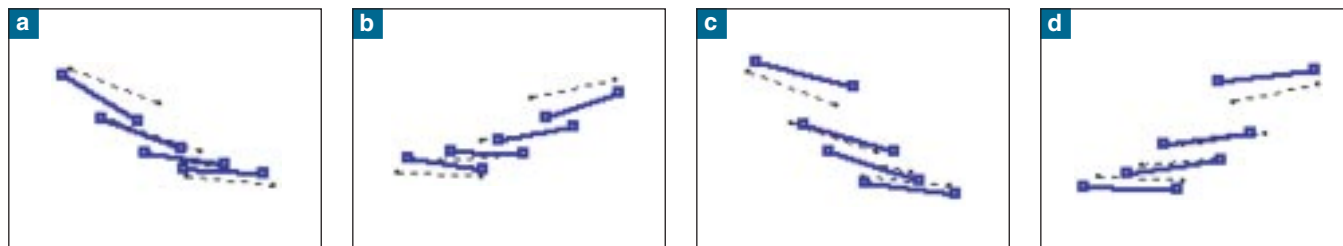


Fig. 6 a-d : Vue frontale des courbes de Wilson, selon la deuxième composante, associée à la discrimination entre Classe I (a-b) et II (c-d).

Fig. 6 a-d: Frontal view of the curves of Wilson, using the second component, showing the differences between Class 1(a-b) and II(c-d).

## Discussion

### Courbe de Spee

La forme moyenne de la courbe de Spee obtenue correspond à celle classiquement décrite, c'est-à-dire une succession de petits plans occlusaux dentaires individuels qui dessinent une courbe à concavité supérieure.

En revanche, l'étude des changements de conformation de la courbe de Spee ne montre pas de variation significative. Ce résultat s'explique par la non prise en compte, dans cette étude, de l'âge, facteur principal de l'évolution du degré d'incurvation du plan occlusal [6]. En revanche, l'observation des changements de conformation des mêmes points selon les mêmes composantes, dans un plan occlusal, montre de plus grandes variations. Les résultats mathématiques obtenus doivent donc être attribués à des changements de morphologie des formes d'arcades (*fig. 3*). La position du point de croisement observé entre courbes de Spee vestibulaire et linguale confirme les conclusions de Lautrou [5]. Les résultats des tests statistiques ne permettent pas de mettre en évidence de relation entre la forme de la courbe de Spee et l'appartenance à une Classe I ou II d'Angle.

### Courbe de Wilson

La forme consensus obtenue corrobore les descriptions classiques selon lesquelles il n'existe pas une courbe de Wilson unique. En revanche, dans cette étude, il n'est pas possible de déterminer si les arcs de courbure observés, de plus en plus accentués de mésial en distal, sont dus à l'accentuation de l'inclinaison des axes dentaires ou à la modification de la morphologie des dents [5, 10]. Les résultats observés sont conformes à la description d'Ackermann montrant l'existence de la surface hélicoïde [11].

L'étude des composantes de conformation permet d'affirmer qu'il existe des variations de morphologie des courbes de Wilson très significatives dans l'échantillon étudié. Le principal changement morphologique perçu est le passage d'arcades où l'hélicoïde est très prononcée à d'autres où les courbes de Wilson présentent des arcs de courbure ne variant que peu entre les prémolaires et les molaires. Les tests de discrimination réalisés permettent de mettre en relation ces différences avec l'appartenance à la Classe I ou à la Classe II. La surface hélicoïde est plus prononcée en Classe I.

## Conclusions

La courbe de Spee consensus correspond à celle classiquement décrite : une succession de petits plans occlusaux dentaires individuels qui dessinent une courbe convexe au maxillaire.

L'étude des changements de conformation ne montre pas de variation significative de la courbe de Spee dans le plan sagittal. Les deux courbes de Spee, vestibulaire et linguale, se croisent, côté vestibulaire, entre la cuspside de la deuxième prémolaire et

## Discussion

### The curve of Spee

The mean form of the curve of Spee obtained matches the form traditionally described in the literature, namely, a succession of small individual dental occlusal planes linking up to give a curve with upper concavity.

On the other hand, analysis of the changes in the shape of the curve of Spee shows no significant variation. This result can be explained by the non inclusion in the study of the age parameter, which is the main factor governing the degree of curvature of the occlusal plane [6]. On the other hand again, the changes in shape of the same points using the same components in an occlusal plane show greater variations. The mathematical results obtained must therefore be attributed to morphological changes of the arch forms (*fig. 3*).

The position of the crossover point observed for the buccal and lingual curves of Spee confirms the conclusions of Lautrou [5].

The results of the statistical tests don't show any correlation between the curve of Spee and Angle Classes I or II.

### The curve of Wilson

The consensus form obtained corroborates the classic descriptions which show that there is no single curve of Wilson. On the other hand, this study demonstrated that it is impossible to determine whether the observed arch curves, which were seen to be deeper from mesial to distal, were produced by the accentuation of the inclination of the dental axes or to changes in the morphology of the teeth [5, 10]. The observed results concord with the description by Ackermann showing the existence of the helicoidal surface [11].

Analysis of the shape components demonstrates the existence of highly significant variations in the morphology of the curves of Wilson within the study sample. The main morphological change observed is the difference between arches in which the helicoid is very pronounced to others in which the curves of Wilson present arch curves with very little variation between bicuspid and molars. The discrimination tests make it possible to correlate these differences with either Class I or Class II. The helicoidal surface is more pronounced in Class I.

## Conclusions

The curve of Spee consensus matches the form described in the literature, namely, a series of small individual dental occlusal planes which combine to make a convex curve on the maxillary.

Analysis of the shape changes doesn't reveal significant variation of the curve of Spee in the sagittal plane.

The two curves of Spee, lingual and buccal, intersect, on the buccal side, between the cusp of the second bicuspid and the mesial



la cuspide mésiale de la première molaire et côté lingual, entre la deuxième prémolaire et la première molaire.

Il n'existe pas une courbe de Wilson unique. Les molaires et prémolaires présentent des arcs de courbure différents. Dans le plan frontal, les courbes se creusent de mésial en distal.

L'existence de la surface hélicoïde est mise en évidence. La surface hélicoïde est plus accentuée en Classe I qu'en Classe II.

Les résultats obtenus montrent les possibilités de la superposition Procruste, qui permet de mettre en évidence de manière spécifique certains changements de conformation, avec une grande rigueur mathématique et une exploitation visuelle des résultats.

cuspid of the first molar and, on the lingual side, between the second bicuspid and the first molar.

There is no single curve of Wilson. The molars and bicuspid are characterized by distinct curves. In the frontal plane, the curves deepen from mesial to distal.

The existence of a helicoidal surface has been demonstrated. The helicoidal surface is more pronounced in Class I than in Class II.

The results obtained illustrate the potential of the Procrustes superimposition technique which highlights given shape changes with mathematical exactness while allowing the results to be exploited visually.

## Références / References

1. Marseillier E. Les Dents humaines-Morphologie (121p.). Gauthier-Villars, Paris, 1937.
2. Wadsworth F. Mandibular movements, occlusion and co-relation of orthodontia and prosthodontia. *Pacific Dental Gaz* 1924;716-31.
3. Chateau M. et al. Orthopédie dento-faciale-Bases fondamentales (167p., 185p.). Julien Prélat, Paris, 1975.
4. Dawson PE. Les problèmes de l'occlusion : évaluation, diagnostic et traitement. Julien Prélat, Paris, 1977.
5. Lautrou A. Abrégé d'anatomie dentaire (244p.). Masson, Paris, 1980.
6. Cretot M, Pujol J. Agencement dento-facial sagittal de l'adolescent à l'adulte âgé, Paris 2000.
7. Gaspard A. Troubles de l'occlusion dentaire et SADAM (Collection du chirurgien dentiste, 265 p.). Procodif, 1985.
8. Ito H, Okimoto K, Mizumori T, Terada Y, Maruyama T. A clinical study on the relationship between occlusal curvature and cranio-mandibular disorders. *J Orofacial Pain* 1996;10:181.
9. Orthlieb JD. La courbe de Spee : un impératif physiologique et prothétique. *Les Cahiers de Prothèse* 1983;44:89-116.
10. Thomas PK. L'occlusion organique dent à dent, cuspide-fosse-technique de construction des cires (Traduction de : YJ. Fiissore, 20p.). Julien Prélat, Paris, 1973.
11. Ackermann F. Le développement occluso-articulaire humain- Son principe fondamental hélicoïde- Observation bio-morpho-physiologique. *Revue mensuelle suisse d'odontologie* 1946:1083-106.
12. Rao CR. Covariance adjustment and related problems in multivariate analysis. *Multivariate analysis I*. New York : Academic press, New York, 1966.
13. Rohlf F., Slice D. Extensions of the Procruste methods for the optimal superposition of landmarks. *Syst Zool* 1990;39:40-59.
14. Penin X. Modélisation tridimensionnelle des variations morphologiques du complexe cranio-facial des hominoïdes. Application à la croissance et à l'évolution. Thèse Sciences de la terre, Univ. Paris VI, 1997.