

Attempt at modelizing the dental arch form of the Senegalese subject

Essai de modélisation de la forme d'arcade dentaire du sujet sénégalais

Khady DIOP BA^{a,*}, Mouhammadou Mansour FAYE^b, Soukèye NDOYE^a,
Joseph Samba DIOUF^a, Papa Ibrahima NGOM^a, Falou DIAGNE^a

^aDépartement d'odontologie, faculté de médecine, de pharmacie et d'odontologie, université Cheikh Anta Diop de Dakar, BP 5005, Dakar-Fann, Sénégal

^bDépartement de physique, faculté des sciences et techniques, Sénégal

Available online: 24 April 2010 / Disponible en ligne : 24 avril 2010

Summary

Insufficient attention paid to dental arch forms during orthodontic treatment can give rise to relapses. The aim of this study was to calculate the mean dental arch form of the Senegalese subject and to suggest a characteristic polynomial function. Our sample comprised 57 Senegalese subjects aged between 13 and 33 years displaying an ideal occlusion. By superimposing all the arch curves of the different subjects in the series and by adopting intermolar distance as the standard unit, we were able to calculate the mean maxillary and mandibular arch forms and suggest a polynomial function of 6 degrees enabling production of almost perfect reproductions of these forms.

© 2010 CEO. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved

Key-words

- Modelization.
- Dental arch form.
- Senegalese subject.

Résumé

Le non-respect de la forme des arcades dentaires au cours du traitement orthodontique est à l'origine de récurrences. L'objectif de cette étude est de déterminer la forme d'arcade dentaire moyenne du sujet sénégalais et de proposer une fonction polynomiale caractéristique. Notre échantillon est composé de 57 sujets sénégalais âgés de 13 à 33 ans présentant une occlusion idéale. Par superposition de toutes les courbes d'arcade des composants de la série et en prenant comme unité de normalisation la largeur intermolaires, nous avons déterminé les profils d'arcades moyens maxillaires et mandibulaires et avons proposé une fonction polynomiale de degré 6 qui reproduit quasi parfaitement ces profils.

© 2010 CEO. Édité par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés

Mots-clés

- Modélisation.
- Arcade dentaire.
- Sujet sénégalais.

* Correspondence and reprints / Correspondance et tirés à part.
e-mail address / Adresse e-mail : khadydiopba2000@yahoo.fr (Khady Diop BA)

Introduction

Analysis of dental arch forms plays a vital role in orthodontic treatment both during diagnosis and during the treatment planning stage as it entails not only available space and facial esthetics but also tooth stability. Whatever their cause, variations in the dimensions of dental arches lead to changes in the arch form.

A review of the literature revealed that the debate over arch form has been ongoing for more than a century and that three conflicting themes dominate research and clinical observations in this field, namely:

- relapses due to non compliance with the initial arch form;
- a constant quest for the ideal arch form;
- the importance of wide interindividual variability.

The dental arch can be analyzed using computer software thanks to the ever wider adoption of information technology in the orthodontic field. Consequently, arch forms, and notably their imperfections and the attempts to reconstruct them, can be visualized and organized on a computer screen. Moreover, analysis of dental arch forms has contributed to the fabrication of preformed orthodontic archwires in which the standard references used are based on studies conducted on Caucasian populations.

Aims of the study

The main aim of this study was to calculate the mean dental arch form of the Senegalese subject using digitalized models. The subsidiary aim was to propose a polynomial mathematic equation characteristic of this average dental arch form.

Materials and methods

Target population

Sample size

Our sample comprised 57 Senegalese subjects aged between 13 and 33 years. There were 29 males (50.88%) and 28 girls (49.12%).

Selection criteria

Were included in our study patients displaying the following criteria:

- black African of Senegalese origin;
- at least adolescent dentition;
- a molar and canine Angle Class I occlusion;
- an acceptable overbite and overjet;

Introduction

L'étude de la forme des arcades dentaires joue un rôle déterminant en orthodontie aussi bien dans le diagnostic que dans le plan de traitement car il implique non seulement l'espace disponible et l'esthétique faciale, mais aussi la stabilité dentaire. Les variations dimensionnelles des arcades dentaires, quelles qu'elles soient à l'origine, entraînent des modifications de leurs formes.

La revue de la littérature a montré que, pendant plus d'un siècle, la forme d'arcade a été discutée et que trois thèmes contradictoires dominent les recherches et les observations cliniques, à savoir :

- les récives liées au non-respect de la forme initiale de l'arcade ;
- une recherche continue de la forme d'arcade idéale ;
- l'importance de la grande variabilité interindividuelle.

L'étude de l'arcade dentaire peut être effectuée à partir de logiciels avec notamment le développement de l'outil informatique en orthodontie. Dès lors, la forme d'arcade, l'observation des imperfections et les tentatives de sa reconstruction peuvent être visualisées et ordonnées sur l'écran d'un ordinateur. Par ailleurs, l'étude de la forme des arcades dentaires a permis la confection des arcs orthodontiques préformés. Or, les référentiels normatifs utilisés sont basés sur des études portant sur des populations caucasiennes.

Objectifs de l'étude

L'objectif principal de ce travail est de déterminer, à partir de modèles numérisés, la forme d'arcade dentaire moyenne du sujet sénégalais. L'objectif secondaire est de proposer une équation mathématique polynomiale caractéristique de cette forme d'arcade dentaire moyenne.

Matériels et méthodes

Population cible

Taille de l'échantillon

Notre échantillon, constitué de 57 sujets sénégalais âgés de 13 à 33 ans, est composé de 29 garçons (50,88 %) et 28 filles (49,12 %).

Critères de sélection

Sont inclus dans notre étude les patients respectant les critères suivants :

- être noir africain d'origine sénégalaise ;
- présenter au moins une denture adolescente ;
- présenter une occlusion de classe I d'angle molaire et canine ;
- avoir un surplomb et un recouvrement acceptables ;

- no shape anomalies;
- no previous orthodontic treatment;
- no prosthetic teeth, caries, diastemas, extractions and no fillings on the proximal surfaces of all teeth.

Study materials

The material used in this study comprised 57 pairs of plaster dental arch molds obtained from a sample group of 57 Senegalese subjects.

Method

Dental arch molding technique

An impression was made of both dental arches in each patient.

Then, all the impressions were cast in white orthodontic plaster and the models obtained were trimmed using the American technique.

Creation of digital models

The plaster models were dispatched to a digitalization laboratory (Bibliocast). Then, the scanned models, which were to provide the basis for our research, were sent to us by e-mail. Downloading and storage of the models required a password attributed by Bibliocast to each patient.

Data collection method

Locating and marking of the anatomical points

The Bibliocast software package enabled us to mark precisely the landmarks, which would allow us to trace the curve of the dental arch.

For each digitalized model, the following points were selected:

- midpoint of the free margins of the central and lateral incisors;
- canine cusp tips;
- buccal cusps of the first and second premolars;
- mesiobuccal and distobuccal cusps of the first molars.

After selecting these points, we saved the current view on screen, which we later used (*fig. 1*).

Calculation of Cartesian coordinates of the landmarks

As the Bibliocast software did not allow us to export the arch profiles, we used an indirect method to generate the arch profile file. The current view of all digitalized models was opened using Paint Shop Pro 6, which enabled us to calculate

- ne pas présenter d'anomalies de forme ;
- n'avoir pas bénéficié de traitements orthodontiques ;
- n'avoir pas de dents prothétiques, de caries, de diastèmes, d'extractions et d'obturations au niveau des faces proximales de toutes les dents.

Matériel d'étude

Le matériel d'étude était constitué de 57 paires de moulages d'arcades dentaires en plâtre obtenus à partir d'un échantillon de 57 sujets sénégalais.

Méthodologie

Méthode d'obtention des moulages des arcades dentaires

Pour chaque patient, l'empreinte des deux arcades dentaires a été prise.

Puis, toutes les empreintes ont été coulées au plâtre blanc orthodontique et les modèles obtenus ont été taillés à «l'américaine ».

Méthode d'obtention des modèles numérisés

Les modèles en plâtre ont été envoyés à une société spécialisée pour la numérisation. Puis les modèles scannés, qui constituent notre base de travail, nous ont été adressés par courrier électronique. Le téléchargement et le stockage de ces moulages scannés ont été possibles grâce à l'utilisation d'un mot de passe attribué à chaque client par la société.

Méthode de collecte des données

Repérage et marquage des points anatomiques

Le logiciel Bibliocast offre la possibilité de marquer de façon précise les points de repères qui nous permettent de tracer la courbe d'arcade dentaire.

Pour chaque modèle numérisé, les points suivants ont été sélectionnés :

- les milieux des bords libres des incisives centrales et latérales ;
- les pointes cuspidiennes des canines ;
- les cuspides vestibulaires des premières et deuxième prémolaires ;
- les cuspides mésio- et distovestibulaires des premières molaires.

Après sélection de ces points, nous avons sauvegardé la vue courante que nous avons ensuite exploitée (*fig. 1*).

Détermination des coordonnées cartésiennes des points de repères

Le logiciel Bibliocast ne nous permettant pas d'exporter les profils d'arcades, nous avons fait usage d'une méthode indirecte pour générer le fichier du profil d'arcade. La vue courante de chaque modèle numérisé a été ouverte avec le logiciel

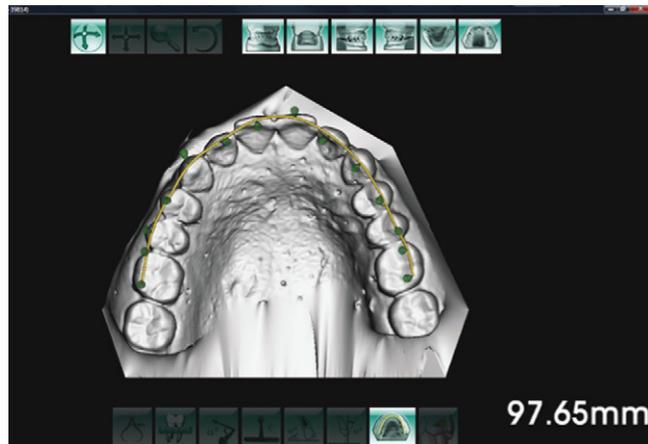


Fig. 1: Anatomical landmarks selected on the digitalized model.
Fig. 1 : Repères anatomiques sélectionnés sur le modèle numérisé.



Fig. 2: Cartesian coordinates of a point.
Fig. 2 : Coordonnées cartésiennes d'un point.

the Cartesian coordinates of all the marked points. It suffices to place the cursor on the selected point for the values to be displayed instantly at the bottom left of the page (*fig. 2*). In this way, all the coordinates of the landmark points for all the dental arch molds were measured and recorded.

Some arch models underwent rotation during the digitalization process, meaning that the arch profiles obtained did not display the required symmetry. For these models, we used the rotation function in Paint Shop Pro 6 in order to correct the anomaly (*fig. 3*).

Paint Shop Pro 6 qui nous a permis de déterminer les coordonnées cartésiennes de tous les points marqués. En effet, il suffit de placer le curseur sur le point choisi et immédiatement, les valeurs des coordonnées s'affichent en bas et à gauche de la page (*fig. 2*). Ainsi, toutes les coordonnées des points repères de l'ensemble des moulages d'arcades dentaires ont été déterminées et enregistrées.

Certains modèles d'arcades ont subi une rotation lors du processus de numérisation, ce qui fait que les profils d'arcades obtenus ne présentaient pas la symétrie requise. Pour ces modèles, nous avons fait usage de la fonction « rotation » du logiciel Paint Shop Pro afin de corriger l'anomalie en question (*fig. 3*).



Fig. 3: Example of a mold exhibiting rotation during digitalization.
Fig. 3 : Exemple de moulage présentant une rotation lors de la numérisation.

Tracing the arch contour of each digitalized model

The Cartesian coordinates of each model were transferred onto Microsoft Excel. Then, using the graphics function and the point cloud option, the different contours of both dental arches were recorded.

However, the arch contours obtained were not referenced to the same landmark. We then used an algorithm to effect a change of landmark in such a way as to ensure that the landmark for all the arches obtained was located at the midpoint of the line connecting the two molars (*fig. 4*).

Data analysis method

The principle underpinning our study involved assimilating each arch form to a smooth curve. The different curves were then superimposed in order to achieve an average form.

Representation of all the arch forms on a single graph

In order to calculate the arch profiles, we superimposed all the maxillary arches. However, distances were shown in reduced coordinates, i.e. in dimensionless numbers.

It is a fact that two subjects can have arches that display exactly the same profile but which are of different sizes. We proceeded to standardize the profiles obtained, taking as our reference unit the intermolar width measured at the distobuccal cusps. As a result, all the profiles shown in reduced coordinates had the same intermolar width equal to 1. This mode of representation facilitated comparison between the two profiles.

Tracé du contour d'arcade de chaque modèle numérisé

Les coordonnées cartésiennes de chaque modèle ont été transférées vers Microsoft Excel. Puis, en utilisant la fonction « graphique » avec l'option « nuages de points » de ce logiciel, les différents contours d'arcades dentaires aussi bien au maxillaire qu'à la mandibule ont été tracés.

Toutefois, les contours d'arcades obtenus ne sont pas référencés par rapport au même repère. Nous avons alors, grâce à un algorithme, procédé à un changement de repère de telle sorte que pour toutes les arcades obtenues, l'origine du repère soit située au milieu de la ligne joignant les deux molaires (*fig. 4*).

Méthode d'analyse des données

Le principe de notre étude est d'assimiler chaque forme d'arcade dentaire à une courbe lissée. Par la suite, les différentes courbes ont été superposées pour trouver une forme moyenne.

Représentation sur un même graphe de toutes les courbes d'arcades

Afin de déterminer les profils d'arcades, toutes les courbes d'arcades maxillaires ont été superposées. Cependant, les distances sont représentées en coordonnées réduites, c'est-à-dire en nombre sans dimension.

En effet, deux sujets peuvent avoir des arcades de tailles différentes mais présentant exactement le même profil. Nous avons procédé à une normalisation des profils obtenus en prenant comme unité la largeur intermolaire prise au niveau des cuspidés distovestibulaires. Cela fait que tous les profils représentés en coordonnées réduites ont une largeur intermolaire égale à 1. Ce mode de représentation facilite l'étude comparée de deux profils.

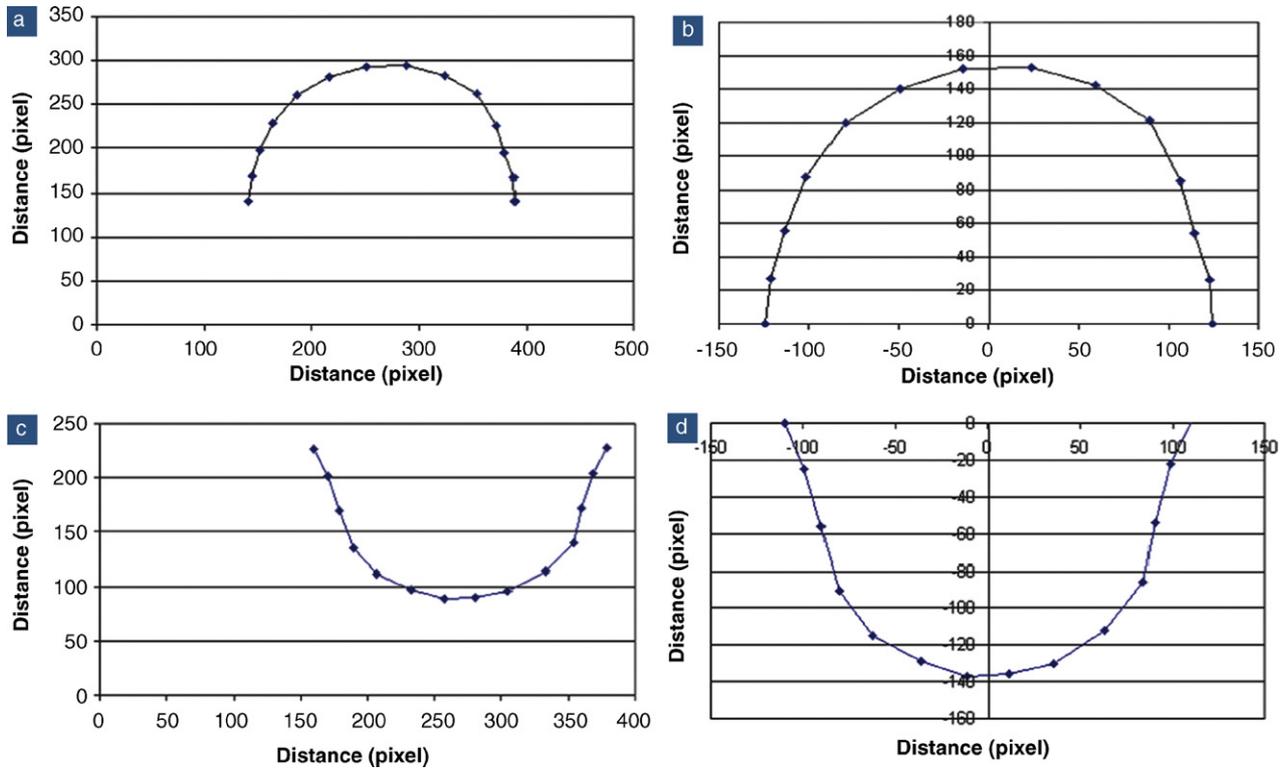


Fig. 4:

- a:** upper dental arch profile;
- b:** upper dental arch profile obtained after a change of origin;
- c:** lower dental arch profile obtained by digitalization;
- d:** lower dental arch profile obtained after a change of origin.

Fig. 4 :

- a :** profil d'arcade dentaire supérieure obtenu à partir de la numérisation ;
- b :** profil d'arcade dentaire supérieure obtenu après changement d'origine ;
- c :** profil d'arcade dentaire inférieure obtenu à partir de la numérisation ;
- d :** profil d'arcade dentaire inférieure obtenu après changement d'origine.

The same technique was used to superimpose the mandibular arch curves. However, as the upper arch generally circumscribes the lower arch, the lower arch was set back slightly when placing them together. The discrepancy between the upper and lower arch was taken as the mean of the discrepancies found for all the arches investigated in the study.

Determining the position of the teeth

The position of each tooth of all the subjects in the sample was recorded. This provided us with a graph in which the position of each type of tooth was shown by a cloud of points showing the distribution of the tooth positions of all the participants in the study. In this way, we obtained 28-point clouds related to the 28 teeth.

Le même procédé a été utilisé pour superposer les courbes d'arcades mandibulaires. Cependant, comme habituellement l'arcade supérieure circonscrit l'arcade inférieure, en les mettant l'une contre l'autre, l'arcade inférieure est légèrement en retrait. Le décalage entre le maxillaire et la mandibule a été choisi comme étant la moyenne des décalages trouvés pour l'ensemble des mâchoires sur lesquelles l'étude a porté.

Détermination des positions dentaires

Pour tous les sujets de l'échantillon, la position de chacune des dents a été placée. C'est ainsi que nous avons obtenu un graphe où la position de chaque type de dent est représentée par un nuage de points qui rend compte de la dispersion des positions pour l'ensemble des sujets de l'étude. On obtient ainsi 28 nuages de points correspondant aux 28 dents.

Determining the mean arch profile

Using the cloud points thus obtained, we determined the barycenter of each point cloud. This gave us the mean position for each corresponding type of tooth. In this way, we obtained 14 barycenters for each arch. These barycenters were linked together by a curved line representing the mean dental arch of the entire sample for each of the arches. The method we outline here presents the advantage of taking into account the contribution of each individual in the determination of the mean arch form.

Determining the analytical expression of the mean arch forms

In order to determine an acceptable mathematical analytical expression capable of displaying as accurately as possible the mean arch forms obtained, we selected a 6th degree polynomial. Our observations have shown that with the 6th degree or over, the polynomial functions obtained display a coefficient of determination in excess of 0.99 for both the upper and the lower jaws.

Détermination du profil d'arcade moyen

En partant de la représentation sous la forme de nuages de points, nous avons déterminé le barycentre de chaque nuage de points, ce qui nous donne une position moyenne pour le type de dent correspondant. Nous obtenons ainsi 14 barycentres au niveau de chaque arcade. Ces barycentres ont été reliés par une courbe lissée représentative du profil d'arcade dentaire moyen de tout l'échantillon pour chacune des arcades dentaires. La méthode que nous proposons présente l'avantage de tenir compte de la contribution de chaque individu pour la détermination du profil d'arcade moyen.

Détermination de l'expression analytique des profils d'arcades moyens

Afin de déterminer une expression analytique mathématique acceptable pour rendre compte de manière aussi fidèle que possible des profils d'arcades moyens obtenus, nous avons fait le choix d'un polynôme de degré 6. En effet, nous avons constaté qu'à partir du degré 6, les fonctions polynomiales obtenues présentaient un coefficient de détermination supérieur à 0,99 aussi bien pour la mâchoire supérieure que pour la mâchoire inférieure.

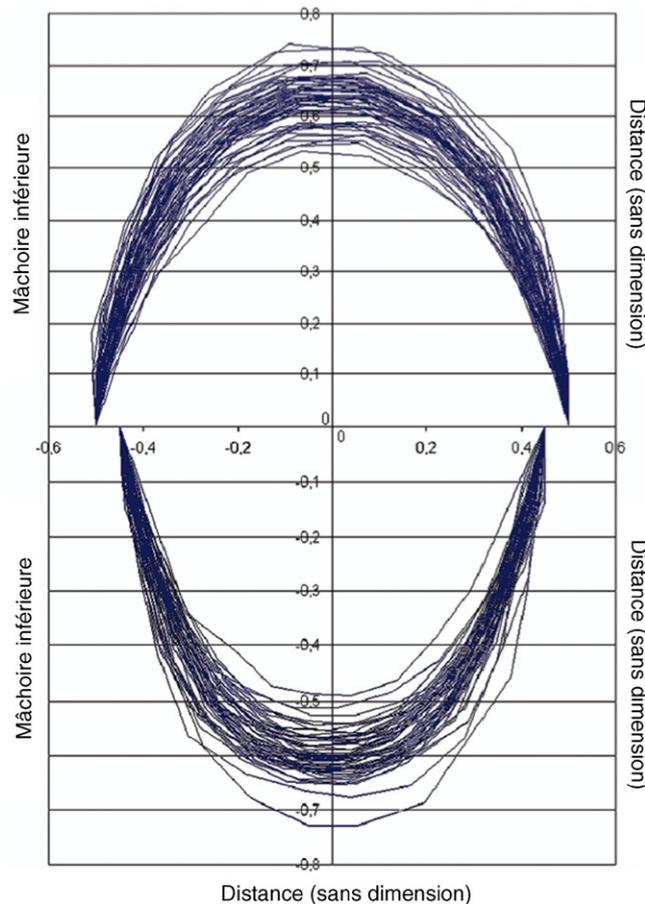


Fig. 5: Arch profiles of the sample.

Fig. 5 : Profils d'arcades de l'échantillon.

Results

Arch forms in the study

The *fig. 5* shows the superimposition of all the arch profiles in the study. We observed that all the profiles passed through the points corresponding to the molars. This was consequent upon the standardization choice we had made. The gap between the upper and lower jaws matched the mean distance found in all the jaws. We also noted some dispersion of profiles in both upper and lower jaws.

Distribution of all the teeth in the dental arches

Our study concerned 57 subjects, thus entailing calculations bearing on the position of 1596 teeth. The *fig. 6* shows the distribution of all the teeth positions, each point cloud corresponding to the position of a given type of tooth.

Résultats

Profils d'arcades de l'étude

Sur la *fig. 5*, nous présentons la superposition de tous les profils d'arcades de l'étude. Nous constatons que tous les profils passent par les points correspondant aux molaires ; cela résulte du choix de normalisation que nous avons fait. Le retrait entre les mâchoires supérieure et inférieure correspond à l'écart moyen trouvé pour toutes les mâchoires. Nous notons également une dispersion des profils aussi bien au maxillaire qu'à la mandibule.

Distribution de toutes les dents pour toutes les arcades dentaires

Notre étude a porté sur 57 sujets, ce qui a conduit à relever la position de 1596 dents. Sur la *fig. 6*, nous présentons la distribution de toutes les positions dentaires. À chaque nuage de points, il faut associer la position d'un type de dent donné.

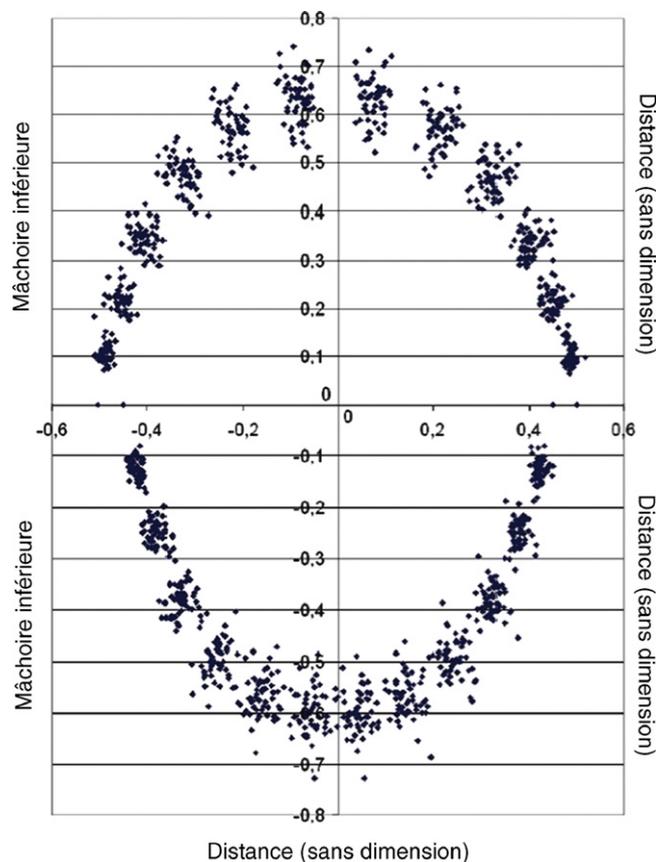


Fig. 6: Distribution of the tooth positions.
Fig. 6 : Distribution des positions dentaires.

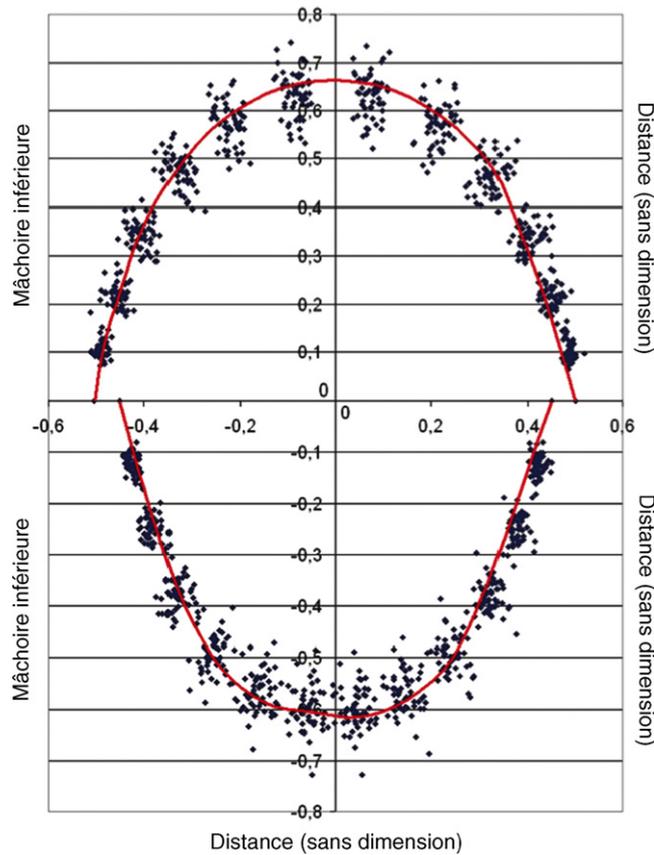
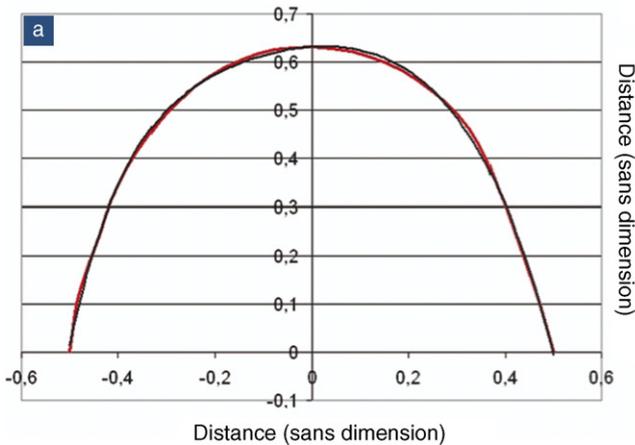


Fig. 7: Mean upper and lower tooth arch profiles.
Fig. 7 : Profils d'arcades dentaires moyens supérieurs et inférieurs.

$y = -7,755x^4 + 4,1936x^3 - 3,3761x^2 - 1,4027x + 0,0686x + 0,6314$ avec $R = 0,9984$



$y = -47,482x^4 - 7,3549x^3 + 20,871x^2 + 1,6698x + 0,5597x^2 - 0,0361x - 0,5747$ avec $R = 0,9999$

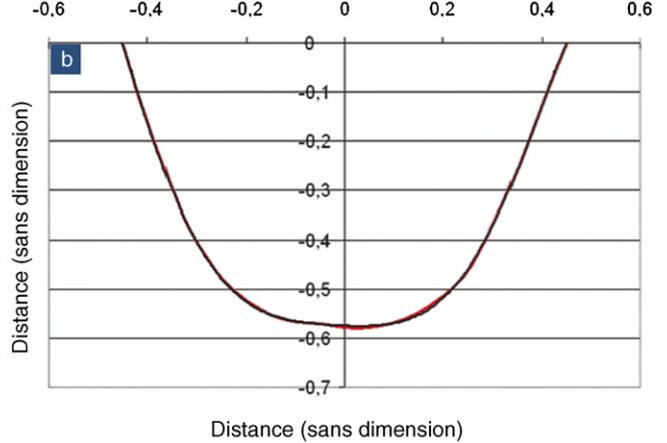


Fig. 8:

a: representation of the profile of the mean upper arch and the corresponding polynomial function (in red);
b: representation of the profile of the mean lower arch and the corresponding polynomial function (in red).

Fig. 8 :

a : représentation du profil d'arcade supérieur moyen et la fonction polynomiale correspondante (en rouge) ;
b : représentation du profil d'arcade inférieur moyen et la fonction polynomiale correspondante (en rouge).

Determining the mean arch form

The *fig. 7* shows the mean arch form resulting from this study. In order to obtain this profile, we determined, on each arch, the barycentre of each point cloud and connected these different barycenters in order to trace the means arch form of both the maxilla and mandible.

Determining the polynomial function

For each mean dental arch form, we determined a 6th degree polynomial equation. In conclusion to our study, we obtained the following results:

– upper arch:

$$y = -7.755x^6 + 4.936x^5 - 3.3762x^4 - 1.4027x^3 - 1.1773x^2 + 0,0686x + 0,6314 \text{ with } R = 0,9984$$

– lower arch:

$$y = -47.482x^6 - 7.3549x^5 + 20.871x^4 + 1.6698x^3 + 0.5597x^2 - 0.0361x - 0.5747 \text{ with } R = 0,9999$$

In order to test the obtained solutions, we show in *fig. 8a* the tracing of the mean upper arch together with the polynomial function found while, in *fig. 8b*, we show the mean lower arch and the corresponding polynomial function. The polynomial functions we submit reproduce almost perfectly the profiles obtained.

Discussion

Methodological considerations and the limits of our study

On account of our selection criteria, especially regarding dental occlusion, our sample was relatively small (57 cases).

Our choices regarding the age of subjects in the sample, on the one hand, and regarding the intermolar width, on the other, taken as the standardization unit were justified by the following arguments:

- it is generally admitted that the arch form of the adolescent is already definitively determined by the end of the growth period;
- arch growth, in both length and width, is complete by 12 to 13 years of age, even if some authors have discovered non-significant variations in these dimensions during adulthood or old age;
- this second argument is supported by authors such as Slaj M. et al. [1] who claim that, most often, the width of the arch is determined during the mixed dentition phase. Bishara et al. [2], for his part, argues that no changes occur in arch width

Détermination du profil d'arcade moyen

Sur la *fig. 7*, nous présentons, le profil d'arcade moyen de l'étude. Pour ce faire, nous déterminons, pour chaque arcade, le barycentre de chaque nuage de points et nous relient ces différents barycentres afin de tracer le profil d'arcade moyen du maxillaire et de la mandibule.

Détermination de la fonction polynomiale

Nous avons déterminé pour chaque profil d'arcade dentaire moyen, une équation polynomiale de degré 6. Au terme de notre étude, nous avons obtenu les résultats suivants :

– pour l'arcade supérieure :

$$y = -7,755x^6 + 4,936x^5 - 3,3762x^4 - 1,4027x^3 - 1,1773x^2 + 0,0686x + 0,6314 \text{ avec } R = 0,9984$$

– pour l'arcade inférieure :

$$y = -47,482x^6 - 7,3549x^5 + 20,871x^4 + 1,6698x^3 + 0,5597x^2 - 0,0361x - 0,5747 \text{ avec } R = 0,9999$$

Afin de tester les solutions obtenues, nous présentons à la *fig. 8a*, le tracé de l'arcade supérieure moyenne ainsi que la fonction polynomiale trouvée, et à la *fig. 8b*, l'arcade inférieure moyenne et la fonction polynomiale correspondante. Les fonctions polynomiales proposées rendent de manière quasi parfaite les profils obtenus.

Discussion

Considérations méthodologiques et limites de l'étude

Compte tenu de nos critères de sélection surtout en ce qui concerne l'occlusion dentaire, notre échantillon était de taille relativement réduite (57 cas).

Le choix de l'âge des patients, d'une part, et celui de la largeur intermolaires comme facteur de normalisation, d'autre part, s'expliquent par les considérations suivantes :

- il est admis que chez l'adolescent en fin de croissance, la forme de l'arcade dentaire est déjà définie ;
- la croissance en longueur et en largeur des arcades dentaires est terminée vers 12 à 13 ans même si certains auteurs relèvent des variations non significatives de ces dimensions à l'âge adulte et au cours de la sénescence ;
- cette seconde considération est soutenue par des auteurs comme Slaj M. et al. [1] qui affirmaient que la largeur d'arcade, la plupart du temps, est établie en denture mixte ; Bishara et al. [2] selon qui, il n'existe plus de modifications des largeurs

following eruption of the permanent teeth. Foster et al., in his study [3], state that the peak growth of the dental arches occurs between 6 and 8 years for the maxilla and 9 to 10 for the mandible.

The problems involving “breakage” of models during transport sometimes has a negative impact on the quality of the digitalization.

Errors can be registered during rotation operations (some digitalized models had poor symmetry) as well as during capture of the Cartesian coordinates of the landmarks.

In order to minimize these sources of error, the manipulation was done twice by the same operator at 1 month interval.

Analysis of the results

Superimposition of all the arch curves

As explained above, we chose intermolar width as the standardization unit. This means that all dimensions and positions recorded on a jaw were divided by the intermolar width in order to obtain dimensionless numbers. This approach makes it easier to compare the two arch profiles. The method proposed here enabled us to compare two arches without drawing on considerations related to differences in size.

This, then, is the technique we used to superimpose all the dental arches.

After superimposition, we observed that:

- there was dispersion of the arch curves;
- with some curves, the depth of the curve at the molars was a little over 50% of the intermolar width, which gave a rather “normal” shape;
- on the other hand, with some curves, the depth of the curve at the molars measured 75% of the width recorded at the upper molars, thus giving an arch that was longer than it was wide.

These results reflect the great variability in dental arch forms within a given population.

Determination of mean upper and lower arch forms within the sample

Based on the graph showing the point clouds, we established the barycenter of each point cloud corresponding to a given tooth form. If (x_G, y_G) is the position of the barycenter of a given type of tooth, we can then devise the following equation for all the subjects in the study (=57):

$$\begin{cases} x_G = \frac{1}{57} \sum_{i=1}^{57} x_i \\ y_G = \frac{1}{57} \sum_{i=1}^{57} y_i \end{cases}$$

d'arcades après l'éruption des dents permanentes ; Foster et al. qui ont trouvé, dans son étude [3], que le pic de croissance des arcades dentaires a lieu entre six et huit ans au maxillaire et entre neuf et dix ans à la mandibule.

Les problèmes de « casse » de modèles lors de l'expédition ont parfois une influence négative sur la qualité de la numérisation.

Des erreurs pourraient être enregistrées lors des opérations de rotations (certains modèles numérisés ne présentaient pas une bonne symétrie) mais également au cours de la prise des coordonnées cartésiennes des points repères.

Pour minimiser toutes ces sources d'erreurs, la manipulation a été effectuée deux fois par le même opérateur dans un intervalle d'un mois.

Analyse des résultats

Superposition de toutes les courbes d'arcades

Comme nous l'avons expliqué plus haut, nous avons choisi la largeur intermolaire comme unité de normalisation. Cela signifie que toutes les dimensions et positions relevées pour une mâchoire ont été divisées par la largeur intermolaire de manière à obtenir des nombres sans dimension. Cette approche facilite l'étude comparée de deux profils. La méthode que nous proposons nous permet de comparer deux profils d'arcades sans faire appel à des considérations liées aux différences de taille. Nous avons donc superposé toutes les arcades dentaires sur cette base.

Après superposition, nous avons remarqué que :

- il y a une dispersion des courbes d'arcades ;
- pour certaines courbes, la flèche mesurée au niveau des molaires correspond à un peu plus de 50 % de la largeur intermolaire, ce qui donne une forme plutôt « normale » ;
- en revanche, pour d'autres courbes, nous nous apercevons que la flèche mesurée au niveau des molaires représente 75 % de la largeur relevée au niveau des molaires supérieures donnant une arcade plus longue que large.

Ces résultats rendent compte de la grande variabilité de formes des arcades dentaires au sein d'une même population.

Détermination des profils d'arcades moyennes supérieures et inférieures de l'échantillon

En partant de la représentation en nuage de points, nous avons déterminé le barycentre de chaque nuage de points qui correspond à un type de dent donné. Si (x_G, y_G) est la position du barycentre d'un type de dent donné, nous écrivons alors pour l'ensemble des sujets de l'étude (= 57) :

$$\begin{cases} x_G = \frac{1}{57} \sum_{i=1}^{57} x_i \\ y_G = \frac{1}{57} \sum_{i=1}^{57} y_i \end{cases}$$

where the couples (x_i, y_i) represent the position of a given type of tooth for each of the subjects in the experiment.

The main reason for choosing this method was the fact that by using the barycenters of all the point clouds, it was obvious that all the teeth of all the subjects in the study would be taken into account. In other words, all individuals would contribute to the calculation of the mean arch profile.

Using this barycentre-based method, we defined the mean maxillary and mandibular arch forms. The composite form we established was parabolic and very different from the elliptical “mean” arch form found by Currier [4] using computerized analysis.

However, the anterior segment exhibited a circular shape, thus confirming the findings of Bonwill and Hawleys [5] who claimed that the anterior area of the lower dental arch was circumferential in shape.

Polynomial function

A review of the literature revealed that several geometrical shapes and mathematical functions have been advocated to investigate the form of the dental arch in man.

In our study, designed to modelize the mean dental arch form of the Senegal subject, we found that the 6th degree polynomial function provided a very good representation of the mean dental arch in our sample. Moreover, the profiles provided by the polynomial function were much more accurate than results obtained by experimental measurements. However, it would be mistaken to conclude that our mathematical function provides the best representation of a dental arch since, if this were the case, it is clear, in theory at least, that a polynome of a higher degree would give an even more accurate result. In our experiment, all the same, the 6th degree equation was the one that came closest to the mean profile of our sample. Our result corroborates that of Pepe [6] who held that the 6th degree polynomial function was slightly more accurate when defining the arch curve as opposed to the catenary curve. It also confirms the finding of Raberin et al. [7] who argued that the 6th degree polynomial function provides a more accurate evaluation of the dental arch form.

Conclusion

Our results enabled us to submit a 6th degree polynomial function capable of serving as a reference in studies comparing different samples or populations. For a given sample, it suffices to multiply all the parameters in the equation by the intermolar distance to obtain an equation in absolute dimensions. It is not difficult then to translate the function into a smooth curve using a function tracer and obtain the mean arch form for the sample.

où les couples (x_i, y_i) représentent la position du type de dent donné, pour chacun des sujets de l'expérience.

La raison principale du choix porté sur cette méthode est liée au fait qu'en utilisant les barycentres de tous les nuages de points, il est évident que toutes les dents de tous les sujets de l'échantillon seront prises en compte. Autrement dit, chaque individu va influencer sur la détermination du profil d'arcade moyen. À partir de cette méthode des barycentres, les formes d'arcades moyennes maxillaire et mandibulaire ont été définies. La forme globale trouvée, proche de la parabole, est sensiblement différente de l'interprétation de Currier [4] qui, par une analyse informatisée, décrit une arcade « moyenne » en forme d'ellipse.

Cependant, le secteur antérieur présente une forme circulaire qui corrobore la conception de Bonwill et Hawley [5] selon qui la région antérieure de l'arcade dentaire inférieure était assimilable à une forme circonferentielle.

Fonction polynomiale

La revue de la littérature révèle que pour étudier la forme d'arcade dentaire de l'homme, plusieurs formes géométriques et fonctions mathématiques ont été proposées.

Dans notre étude, pour tenter de modéliser la forme d'arcade dentaire moyenne du sujet sénégalais, nous avons trouvé que la fonction polynomiale de degré 6 suffit à donner une très bonne représentation de la forme d'arcade dentaire moyenne de notre échantillon. De plus, la qualité du rendu des profils par la fonction polynomiale est largement supérieure à la précision des mesures expérimentales. Cependant, il est illusoire de considérer que notre fonction mathématique est la meilleure représentation d'une arcade dentaire car, si tel est le cas, théoriquement, il est évident que le polynôme de degré supérieur sera encore plus précis. Mais dans notre expérimentation, l'équation de degré 6 est celle qui se rapproche le plus du profil moyen de notre échantillon. Notre résultat corrobore celui de Pepe [6] selon qui la fonction polynomiale de degré 6 était un peu plus précise pour définir la courbe d'arcade que la courbe caténaire ainsi que la conclusion de Raberin et al. [7] qui soutenait que le polynôme de degré 6 permet de mieux apprécier la notion de forme d'arcade dentaire.

Conclusion

Nos résultats nous ont permis de proposer une fonction polynomiale de degré 6 pouvant servir de référence pour faire des études comparées entre échantillons ou populations différentes. En effet, pour un échantillon donné, il suffit de multiplier tous les paramètres de l'équation par la distance intermolaire pour obtenir une équation avec des dimensions absolues. La traduction de la fonction en courbe lissée grâce à un traceur de fonction sera aisée et permet dès lors d'obtenir le profil d'arcade moyen de l'échantillon.

It is widely acknowledged that each individual has his/her own arch form. The current trend is to use industrially preformed orthodontic archwires. The method we submit here establishes the mean arch profile for our population. As a result, it can assist in the manufacture and choice of more appropriate orthodontic wires, although in different sizes, in order to meet the needs of both practitioners and patients.

Il est admis que chaque individu présente une forme d'arcade propre. Or, la tendance actuelle est d'utiliser des arcs orthodontiques préformés industriellement. La méthode que nous avons proposée permet d'établir le profil d'arcade moyen de notre population et par conséquent peut aider à la fabrication et au choix d'arcs orthodontiques plus conformes, avec cependant différentes tailles afin de répondre aux attentes des orthodontistes et des patients.

Conflict of interest statement

None.

Conflit d'intérêt

Aucun.

References/Références

1. Slaj M, Jezina MA, Lauc T, Rajic-Mestrovic S, Miksic M. Longitudinal dental arch changes in the mixed dentition. *Angle Orthod.*2003;73(5):509–14
2. Bishara SE, Jakobsen JR, Treder J, Nowak A. Arch length changes from 6 weeks to 45 years. *Angle Orthod.*1998;68(1):69-74
3. Foster TD, Grundy MC, Lavelle CL. A longitudinal study of dental arch growth. *Am J Orthod.*1977;72(3):309–14
4. Currier JH. A computerized geometric analysis of human dental arch form. *Am J Orthod.*1969;56(2):164–79
5. Bonwill WGA, Hawley CA. Individual arch form. Tweed CH, *Clinical orthodontics*. Vol. 1. 1966
6. Pepe SH. Polynomial and catenary curve fits to human dental arches. *J Dent Res.*1975;54(6):1124–32
7. Raberin M, Laumon B, Martin JL, Brunner F. Dimensions and form of dental arches in subjects with normal occlusions. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.*1993;104(1):67-72